
DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Peter Mayr

**Prozessbeschreibung einer
Produktentwicklung
am Beispiel einer 3d-Bedieneinheit**

Mittweida, 2013

DIPLOMARBEIT

Prozessbeschreibung einer Produktentwicklung am Beispiel einer 3d-Bedieneinheit

Autor:
Herr Ing.

Peter Mayr

Studiengang:
Maschinenbau

Seminargruppe:
KM09s2FA

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Martin Zimmermann

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Markus Franz Kollmaier

Einreichung:
Mittweida, 28.März 2013

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2013

DIPLOMA THESIS

Process Description of product development on the example of a 3d-control unit

author:

Mr.

Peter Mayr

course of studies:

Mechanical Engineering

seminar group:

KM09s2FA

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Martin Zimmermann

second examiner:

Dipl.-Ing. Markus Franz Kollmaier

submission:

Mittweida, 28th March 2013

defence/ evaluation:

Mittweida, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Mayr, Peter:

Ergonomisch geformte Bedieneinheit - Produktentwicklung - 2013 - XIII, 83, X S.
Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2013

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Beschreibung einer Produktentwicklung einer anatomisch geformten und für die Benutzung optimierten 3d-Bedieneinheit. Beginnend von der Vorplanung über den geregelten Prozessablauf bis zur Präsentation der finalen CAD-Daten sind die notwendigen Schritte am Beispiel dieser Bedieneinheit abgebildet.

1 Inhalt

1	Inhalt	I
	Abbildungsverzeichnis	IV
	Tabellenverzeichnis	VII
	Abkürzungsverzeichnis	VIII
2	Projektbeschreibung.....	1
2.1	<i>Ergonomie – Definition</i>	2
2.2	<i>Der moderne Arbeitsplatz.....</i>	3
2.3	<i>Analyse eines Standard CAD-Arbeitsplatzes.....</i>	4
3	Projektinitialisierung.....	7
3.1	<i>Projektmanagement</i>	7
3.1.1	Projektart.....	7
3.1.2	Projektteam	8
3.1.3	Stackholder	8
3.1.4	Projektdokumentation.....	9
3.2	<i>Projektziel (Soll-Ist-Vergleich).....</i>	11
3.2.1	Marktrecherche 3d-Bedieneinheiten	11
3.2.2	Marktrecherche ergonomischer Bedieneinheiten.....	12
3.2.3	Funktionstechnische Analyse	13
3.2.3.1	Elektro-mechanisches Messverfahren.....	14
3.2.3.2	Opto-elektronisches Messverfahren	14
3.2.3.3	Elektro- magnetisches Messverfahren.....	14
3.2.3.4	Ultraschall Messverfahren	15
3.2.4	Designtechnische Analyse	15
3.2.5	Patentrechtliche Analyse	16
3.3	<i>Aufgabenstellung (Soll-Konzept)</i>	20
3.3.1	Auflistung der technischen Entwicklungsvorgaben	20
3.3.2	Technische Marktpositionierung	21
3.3.3	Positionierung des Vertriebes.....	21
4	Prozessplanung.....	23
4.1	<i>Prozessvisualisierung.....</i>	23

4.2	<i>GANTT Diagramm</i>	26
5	Prozess-Realisierung	29
5.1	<i>Lastenheft</i>	29
5.2	<i>Prinzipstudie</i>	30
5.3	<i>Pflichtenheft</i>	30
5.4	<i>Blackbox Technik</i>	31
5.5	<i>Design</i>	34
5.5.1	Design – IST Analyse.....	34
5.5.2	Design – Zieldefinition.....	35
5.5.3	Design – Ideation	35
5.5.4	Design – Konzept.....	39
5.6	<i>Patentrechtliche Abwicklung</i>	40
5.7	<i>Engineering</i>	43
5.7.1	Gewicht.....	43
5.7.2	Abmessungen	44
5.7.3	Bedien- und Drucktasten am Display	45
5.7.4	Drucktasten am Bedienknopf	46
5.7.5	Ausrichtung der Anzeigeelemente.....	47
5.7.6	Inmould Decoration	48
5.7.6.1	Teilegeometrie	48
5.7.6.2	Generelle Gestaltungshinweise.....	54
5.7.6.3	Richtlinien Werkzeugauslegung	57
5.8	<i>Detailengineering</i>	58
6	Beschreibung Konstruktion	59
6.1	<i>Konstruktiver Aufbau der 3d-Bedieneinheit</i>	59
6.2	<i>Technische Detaillösungen</i>	65
6.3	<i>Nachweis Erfüllung Plichtenheft</i>	70
7	CAD-Daten Final	75
7.1	<i>Bodenplatte:</i>	76
7.2	<i>Gehäuse:</i>	76
7.3	<i>Handauflage</i>	77
7.4	<i>Knauf</i>	77
7.5	<i>Drucktasten</i>	78
7.6	<i>Oberteil Display</i>	78

Abbildungsverzeichnis	III
7.7 <i>Unterteil Display</i>	79
7.8 <i>Bedientasten</i>	79
7.9 <i>Gewindezapfen</i>	80
8 <i>Ausblick</i>	81
Literatur	83
Anlagen, Produktzeichnungen	I
Selbstständigkeitserklärung	XIII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausstattung eines modernen CAD Arbeitsplatzes	4
Abbildung 2: Draufsicht auf einen CAD-Arbeitsplatz	5
Abbildung 3: Übersicht der Strategie eines Produktlebenszyklusmanagement	10
Abbildung 4: Produktportfolio Standgeräte der Firma 3Dconnexion GmbH	11
Abbildung 5: Produktportfolio Mobilgeräte der Firma 3Dconnexion GmbH	12
Abbildung 6: Eingabegeräte Tastatur und Maus der Firma Microsoft GmbH	13
Abbildung 7: Darstellung der Freiheitsgrade eines Körpers im Raum	14
Abbildung 8: SpacePilot™Pro der Firma 3Dconnexion GmbH	15
Abbildung 9: Internetplattform des Deutschen Patent- und Markenrechts	16
Abbildung 10: Auszug der Patente von 3dConnexion GmbH	18
Abbildung 11: Auszug der Patente von 3dConnexion GmbH	19
Abbildung 12: Strukturdiagramm Entwicklungsprozess allgemein	24
Abbildung 13: Strukturdiagramm Anlauf Serienproduktion	25
Abbildung 14: Gantt Diagramm Entwicklungsprozess 3d-Bedieneinheit	27
Abbildung 15: Gantt Diagramm Serienproduktion 3d-Bedieneinheit	27
Abbildung 16: Messmechanismus Bewegung Bedienknopf	32
Abbildung 17: CAD-Datenmodell des Technikpaketes als Blackbox	33
Abbildung 18: Funktionsprinzip Drucktaste	45
Abbildung 19: Ausführung Tasten bei Computermouse	46
Abbildung 20: Axialwinkel Anzeigeeinheit	47

Abbildungsverzeichnis	V
Abbildung 21: Neigungswinkel Anzeigeeinheit	47
Abbildung 22: IMD Eckradien	49
Abbildung 23: IMD Dekorationstiefe	49
Abbildung 24: IMD Streckbereich	49
Abbildung 25: IMD Eckradien	50
Abbildung 26: IMD Trennungssprung	51
Abbildung 27: Einförmung von Eindröckungen / Durchbröchen	52
Abbildung 28: IMD Nutausbildung	52
Abbildung 29: IMD Einförmung Stufe	53
Abbildung 30: IMD Einförmung Lasche	53
Abbildung 31: IMD Wandstärkenverlauf	55
Abbildung 32: Gestaltung von Rippen	56
Abbildung 33: Skizzendarstellung Grundfläche	59
Abbildung 34: Oberflächenbearbeitung mit X-Form Befehl	60
Abbildung 35: Symmetrische Bearbeitung von Oberflächen	60
Abbildung 36: Kurvenanalyse einer krömmungsstetigen Verröndung	61
Abbildung 37: Reflexionsanalyse tangentialer Öbergang	62
Abbildung 38: Reflexionsanalyse krömmungsstetiger Öbergang	62
Abbildung 39: Oberflächenmodell CAD	63
Abbildung 40: Darstellung Informationsfluss	64
Abbildung 41: Schnittdarstellung Bedieneinheit	65
Abbildung 42: Verdrehsicherung Bedienknopf	65
Abbildung 43: Funktionsprinzip Technikpaket	66

Abbildung 44: Drucktasten Funktionsprinzip	66
Abbildung 45: Montageprinzip Handauflage.....	67
Abbildung 46: Befestigung Bodenplatte	68
Abbildung 47: Befestigung Anzeigedisplay.....	68
Abbildung 48: Verschraubung Ober- und Unterteil Display	69
Abbildung 49: Querschnitt Anzeigeelement Höhe Drucktasten	70
Abbildung 50: Hauptabmessungen 3d-Bedieneinheit.....	71
Abbildung 51: Bauteil „Handauflage“	72
Abbildung 52: Fotorealistische Darstellung Bedieneinheit	75
Abbildung 53: Bodenplatte	76
Abbildung 54: Gehäuse.....	76
Abbildung 55: Handauflage	77
Abbildung 56: Knauf.....	77
Abbildung 57: Drucktasten	78
Abbildung 58: Oberteil Display	78
Abbildung 59: Unterteil Display	79
Abbildung 60: Bedientasten	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gewichtsermittlung Bestandgeräte	43
Tabelle 2: Hauptabmessungen Bestandgeräte.....	44
Tabelle 3: Wertetabelle Streckung.....	49
Tabelle 4: Kombinationsmöglichkeiten Radius/Abschrägung.....	50

Abkürzungsverzeichnis

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
PDM	Produktdatenmanagement
PLM	Product Lifecycle Management
cPD	Collaborative Product Development
cPDM	Collaborate Product Definition Management
IMD	InMould Decoration
IML	InMould Labeling

2 Projektbeschreibung

Laut einer Broschüre des Betriebs-Krankenkassen-Bundesverbandes leiden rund 40 Prozent der Menschen, die täglich mehr als drei Stunden am Bildschirm arbeiten, unter müden, trockenen und brennenden Augen. Wer mehr als drei Stunden am Bildschirm arbeitet, verlangt seinem Körper sehr viel ab. Expertenschätzungen zufolge bewegt ein Bildschirmarbeiter jeden Tag bis zu 33.000 Mal den Kopf und seinen Blick zwischen Bildschirm, Tastatur und Vorlage hin und her. Dies bedeutet bis zu 7.000 Pupillenreaktionen pro Tag. Speziell CAD-Konstrukteure sind hier hoch belastet, da deren Verweilzeit am Bildschirmarbeitsplatz nahezu den ganzen Tag ausfüllt. Mehrere Bildschirme, ergonomisch geformte Eingabehilfen (Maus) und Tastaturen mit Handballenaufgabe gehören mittlerweile zum Standard.

Diese Arbeit befasst sich mit einem Eingabegerät, das bislang von seiner Bedienbarkeit eingeschränkt und der Betrachtungswinkel des Benützers nicht optimal ausgeführt ist.

Moderne 3d-CAD Systeme werden mitunter auch mittels 3d-Eingabegerät „SpaceMouse“ bedient. Hauptlieferant ist eine Firma namens „3d-Connexion“. Diese Geräte sind derart gestaltet, dass eine Rechts- als auch Linkshandbedienung ohne Veränderung des Gerätes möglich ist. Da diese Geräte aber nie zentral zur Person situiert sind und bereits vielfach mit Display und programmierbaren Tasten ausgestattet sind, ist die Bedienbarkeit und Ablesbarkeit durchaus eingeschränkt. Zusammen mit einer herkömmlichen Maus ermöglicht die 3D-Maus eine beidhändige und synchrone Arbeitsweise. Dabei bedient eine Hand die 3D-Maus, um ein Modell zu positionieren oder sich in virtuellen Umgebungen zu bewegen, während die andere Hand an der Maus das Auswählen und Editieren übernimmt. Eine beidhändige Arbeitsweise, die Klicks und Zeit spart.

Die Idee ist nun eine ergonomisch geformte Bedieneinheit zu entwerfen, die zum Benutzer gerichtet, eine wesentlich verbesserte Interaktion ermöglichen kann. Zusätzliche Verbesserungen in der Erreichbarkeit und Bedienbarkeit von vorhandenen Funktionstasten runden das Projekt ab.

2.1 Ergonomie – Definition

Die Ergonomie (von altgriechisch ἔργον ergon, „Arbeit“, „Werk“ und νόμος nomos, „Regel“, „Gesetz“) ist die Wissenschaft von der Gesetzmäßigkeit menschlicher bzw. automatisierter Arbeit. Ziel der Ergonomie ist es, die Arbeitsbedingungen, den Arbeitsablauf, die Anordnung der zu greifenden Gegenstände (Werkstück, Werkzeug, Halbzeug) räumlich und zeitlich optimiert anzuordnen, sowie die Arbeitsgeräte für eine Aufgabe so zu optimieren, dass das Arbeitsergebnis (qualitativ und wirtschaftlich) optimal wird und die arbeitenden Menschen möglichst wenig ermüden oder gar geschädigt werden, auch wenn sie die Arbeit über Jahre hinweg ausüben. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Benutzerfreundlichkeit, also der Verbesserung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsorganisation. Heute meist der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Zwar fällt die physiologische Anpassung, dem menschlichen Körper angepasste Griffe, Stühle usw. auch darunter, wird in der Werbung aber meist mit Ergonomie benannt/verwechselt.

Ergonomie wird immer dort wichtig, wo der Mensch beim Arbeiten oder anderen Tätigkeiten mit Maschinen (z. B. Fahrzeugen, Computer, Werkzeugmaschinen, Küchenmaschinen), Werkzeugen oder anderen Gegenständen (z. B. Telefonen, Bürostühlen) in Berührung kommt. In Zukunft auch die menschenfreien Fertigungsstraßen, damit der Roboter nicht unnütz lange Wege laufen muss.

Das Wort Ergonomie findet heute immer mehr Einzug in den allgemeinen Sprachgebrauch. Grund dafür ist die immer stärker werdende Gefährdung des Menschen durch die Technik, nicht nur während der Arbeitszeit. Fast alle Tätigkeiten des täglichen Lebens können heute unter ergonomischen Kriterien untersucht werden, bügeln und kochen genauso wie die Arbeit am Bildschirm oder die nächtliche Bettruhe.

Durch schlechte Ergonomie am Arbeitsplatz entstehen Verspannungen und zum Teil schwerwiegende Gesundheitsprobleme wie Bandscheibenvorfall oder chronische Nackenschmerzen. Langanhaltende, statische Arbeitspositionen (wie zum Beispiel Arbeit am Schreibtisch) sollten daher nur mit ergonomisch entwickelten Möbeln verrichtet werden.

Ergonomie wird im deutschen Sprachraum unter REFA beschrieben und im angelsächsischen Sprachraum unter Taylorismus.

Wikipedia: Ergonomie

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ergonomie>

2.2 Der moderne Arbeitsplatz

Ein Standard CAD-Arbeitsplatz besteht im Grundlegenden aus Bildschirm(en), Eingabe-einheiten wie Tastatur und Maus und einer 3d-Bedieneinheit „SpaceMouse“.

Der Einsatz einer zusätzlichen Bedieneinheit ist bei modernen CAD-Systemen mittlerweile obligat und kann zu einer wesentlichen Steigerung der Effizienz führen. Selbstredend ist ein ergonomisches und gut bedienbares Design eine unabdingbare Wichtigkeit für ein solches Gerät. Momentan am Markt befindliche Geräte sind augenscheinlich als Kompromissangebot der Links- oder Rechtshandbedienung geradlinig ausgerichtet. Da diese Bedieneinheiten naturgemäß nicht zentral angeordnet sind, aber dennoch wegen ergonomischer Gesichtspunkte nicht zum Benutzer ausgerichtet sein können, ergibt sich ein parallaktischer Ablesefehler. Diese Winkelfehlstellung bedingt eine schwere Lesbarkeit der Anzeigeelemente sowie eine ungünstige Bedienung der am Gerät befindlichen zusätzlichen Bedienelemente.

Durch die durchwegs lange Verweildauer eines CAD-Konstrukteurs an seinem Arbeitsplatz mit entsprechend lang anhaltender Bildschirmarbeit, kann eine nicht ideale Bedienbarkeit zu einer stärkeren Ermüdung führen. Zusätzlich werden schwer bedienbare und eventuell auch schwer erreichbare Bedienknöpfe oftmals nicht benutzt, dies wiederum führt des Öfteren zu zusätzlichem Loslassen der Bedieneinheit und verstärkter Handbewegung.

Spezielle Funktionstasten wie zum Beispiel die ESC-Taste, STRG-Taste oder Hoch-Taste sind als zusätzliches Bedienelement in CAD-Programmen stark eingebunden. Ein Befehlsabbruch, multiple Selektion von Elementen oder entsprechende Deselektion bis hin zu vereinfachten Menüaufrufen können durch Drücken solcher Tasten schnell abgewickelt werden. Ideal wäre es, diese Bedientasten ähnlich wie die Maustasten immer am Bedienteil zur Verfügung zu haben.

Bei vielen Top Produkten von Tastaturherstellern ist eine Handauflage integriert. Die Standard Maus zur PC-Bedienung wurde bereits auch in vielen ergonomisch ausgeführten Formen hergestellt. Ziel dieser Behelfsmittel soll eine natürliche Stellung der Hand an der jeweiligen Bedieneinheit sein.

Ein schwenkbares Display zur Anzeige der Konfigurationseinstellungen und weitere Bedienelemente direkt am Bedienknopf können hier Erleichterung bieten. Weniger Ermüdung und schnellerer Zugriff zu oftmals benötigten Funktionstasten erhöhen die Effektivität und fördern die Zufriedenheit der Bedienperson.

Die nächste nachfolgende Abbildung 2: *Draufsicht auf einen CAD-Arbeitsplatz* zeigt einen Arbeitsplatz aus der Vogelperspektive. In dieser Ansicht ist die winkelige Ausrichtung der jeweiligen Bediengeräte am besten erkennbar. Während die Bildschirme durch nicht stattfindende Interaktion mit deren selbst (Stichwort „Touchscreen“) nach Belieben und entsprechenden Richtlinien für die Bedienperson bestmöglich aufgestellt werden können, zeigt die Abbildung aber auch die im Normalwinkel zur Körperausrichtung gerichtete Positionierung des 3d-Bediengerätes. Würde dieses Bedienelement aus der Achse gedreht werden, so ist auch die Steuerung nicht mehr in Ausrichtung, und ein geradliniges Kippen um die Querachse würde bereits eine zusammengesetzte Drehbewegung um zwei Drehachsen ergeben, was zu einer erschwerten Bedienung bis hin zu einer Fehlbedienung führt.

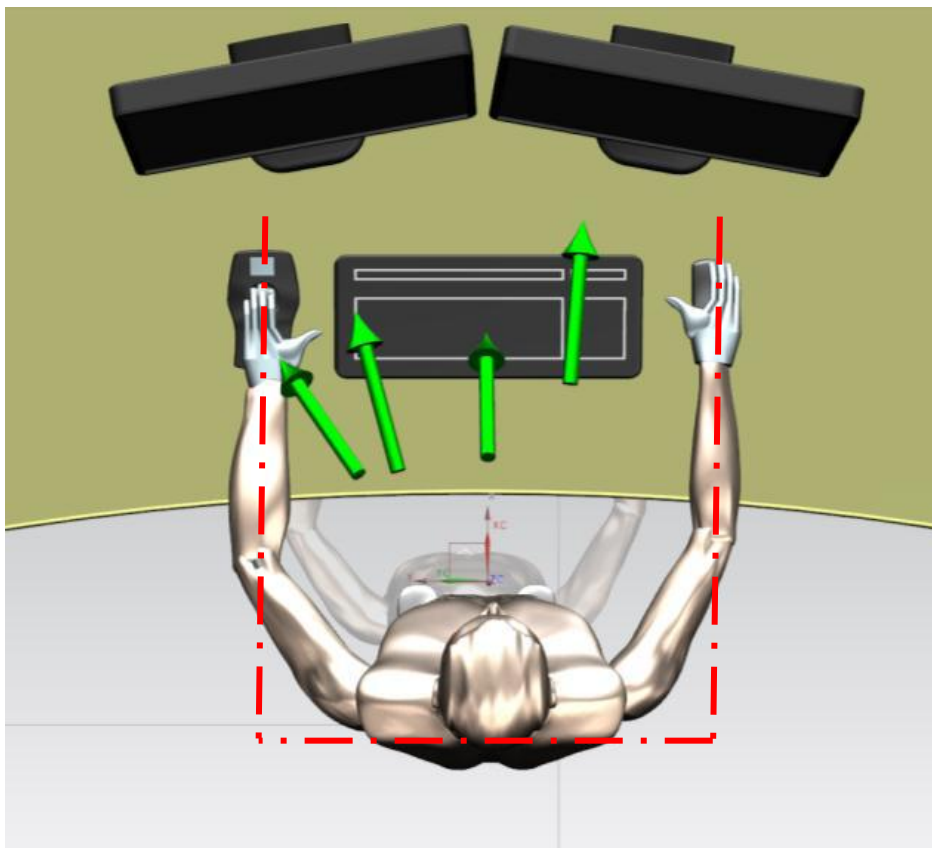


Abbildung 2: Draufsicht auf einen CAD-Arbeitsplatz

In dieser Darstellung sind wiederum die einzelnen Blickrichtungen zu den jeweiligen Einheiten ersichtlich. Während die Richtungen zu den Monitoren und zu der Tastatur durch Positionierung des Kopfes um einen gedachten zentralen Punkt möglich sind, ergibt sich für die Ablesung der 3d-Bedieneinheit ein Winkelfehler.

3 Projektinitialisierung

Ist die Idee der Produktentwicklung geboren und vorab in einer Prüfung respektive in einem Vorprojekt einer eventuell vorhandenen Innovationsgruppe oder des entsprechenden Einzelkämpfers für technisch machbar und wirtschaftlich vielversprechend befunden worden, so kann das Projekt gestartet werden. Ein vielfach in diesem Zusammenhang benützter Begriff ist der des „Kick Off“.

In einem solchen Kick-Off-Meeting werden die Grundlagen des Projektumfanges festgelegt, das Projektteam benannt und der Prozessablauf fixiert und gestartet.

3.1 Projektmanagement

Eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen eines Projektes, ist den Prozesslauf zum Erreichen des Zieles strukturiert und geplant durchzuführen. Um diese Planung, Delegation, Überwachung und Steuerung aller Aspekte entsprechend abhandeln zu können, ist ein Projektmanagement notwendig.

Je nach Quelle weichen die Definitionen des Projektmanagements voneinander ab, inhaltlich ist aber weitgehend Übereinstimmung vorhanden.

Im deutschsprachigen Raum lautet die Definition von Projektmanagement nach DIN-Norm (DIN 69901-5:2009-01): „*Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten.*“

3.1.1 Projektart

Je nach Projekthinhalt, Projektgröße, Stellung des Auftraggebers, Grad der Wiederholung, sozialer Komplexität, Innovationsgrad, beteiligten Organisationen und Bedeutung des Projektes werden verschiedene Projektarten definiert. Grundsätzlich werden drei verschiedene Projektarten unterschieden:

Ein *Investitionsprojekt* ist im Allgemeinen eine Anschaffung von Gerätschaften, Werkzeugen bis hin zu Bürogebäuden oder Fabrikhallen. Das Risiko bei einem solchen Projekt ist eher leicht kalkulierbar, da ein Kauf eines Produktes kein Risiko beinhaltet und der Bau von Gebäuden meist extern zugekauft wird.

Ein *Organisationsprojekt* befasst sich mit der Einführung eines neuen Marketingkonzepts, eines neuen Vertriebssystems bis hin zur Implementierung einer neuen Organisationsform. Auch hier ist das Risiko verstärkt bei der richtigen Wahl der Optionen, während bei der Umsetzung des Projektes das Risiko begrenzt ist.

Die letzte Projektart ist die der *F&E Projekte*. Wie der Name schon sagt, ist man hier im Bereich der Forschung und Entwicklung. Inhalt ist die Entwicklung neuer Produkte, neuer Softwareprogramme, neuer Werkstoffe oder auch neuartiger Wirkstoffe für Medikamente. Ein Rückgriff auf bereits durchgeführte Projekte ähnlicher Art ist meist nur schwer möglich, da eben hier verstärkt neue Wege beschritten werden.

Das in diesem Fall angestrebte Projekt ist eindeutig der letzten Gruppe F&E Projektart zuzuweisen. Diese Projektart zeichnet sich auch durch das höchste in der Abwicklung des Projektes zu findende Risiko aus. Umso bedeutender sind geregelte Abläufe und bereits im Vorfeld fest definierte Umgebungsparameter.

3.1.2 Projektteam

Je nach Größe und Umfang eines Projektes muss ein entsprechendes Projektteam mit klar definierten Kompetenzen und Bereichsabgrenzungen gebildet werden. Auf Grund der Gegebenheit und der Übersichtlichkeit dieses Projektes besteht das „Team“ grundlegend nur aus einer Person. Dies erleichtert beziehungsweise erübrigt hier weitere definitionsschritte.

3.1.3 Stackholder

Alle Personen, die ein Interesse am Projekt haben oder vom Projekt in irgendeiner Weise betroffen sind, werden unter dem Begriff „Stackholder“ zusammengefasst. Da der Einfluss solcher Personen sowohl für als auch gegen das Projekt mitunter sehr groß sein kann, ist auch hier eine Betrachtung im Vorfeld mit Einteilung in entsprechende Pro und Contra Gruppen notwendig.

Auch hier sind durch die Gegebenheiten für dieses Projekt keine weiteren Betrachtungsschritte in mögliche Kommunikationsbeziehungen und zu entwickelnde Informationsflussvorgaben vonnöten.

3.1.4 Projektdokumentation

Hauptaufgabe der Projektdokumentation ist das Zusammenstellen ausgewählter, wesentlicher Daten über Konfiguration, Organisation, Mitteleinsatz, Lösungsweg, Ablauf und erreichte Ziele des Projektes. Die Projektdokumentation sollte demnach Aufschluss darüber geben, welches Problem zu lösen war (IST-Zustand) und welche Lösung man angewendet hat (SOLL-Konzept). Darüber hinaus sollte auch geklärt werden, aus welchen Gründen man diesen Lösungsweg beschritten hat, sowie, wo der Gewinn liegt und wie hoch sich die Kosten des Projektes (Projektverlauf) belaufen.

Bei diesem Projekt wird der Hauptteil der Daten mittels ComputerAidedDesign konstruktiv erstellte Teile ausmachen. Wichtig scheint also eine Datenhaltung der Konstruktionsergebnisse mit Rückverfolgbarkeit von Datenständen und eventuellen Variantenableitungen. Das Erstellen der Daten wird mittels des Werkzeugs NX 8.5 der Firma Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. vonstattengehen. Diese CAD-Software ist speziell für das Erstellen von Freiformflächen in Verbindung mit Solid-Körpern geeignet. Ursprünglich von Unigraphics Solutions auf Basis des eigenen Parasolid-Modellierkernes entwickelt, wurde die seit 1975 auf dem Markt befindliche CAD Software mit Jänner 2007 von der Firma Siemens zur Integration in ihren Bereich Industry Automation & Drives Technologies (IA&DT) übernommen.

Die wichtigsten Produkte im Programm der Firma Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. sind die Programme NX, ein kommerzielles Programmpaket für die Bereiche des CAD, CAM und CAE, sowie das Programmpaket Teamcenter, das die Verwaltung der Konstruktionsdaten (PDM) und die Konstruktion im Firmenverbund (cPD bzw. cPDM) unterstützt.

Teamcenter als PDM ermöglicht dabei alle Daten, die bei der Entwicklung, Produktion, Lagerhaltung und dem Vertrieb eines Produkts anfallen, einheitlich zu speichern, zu verwalten und abzurufen. Im Idealfall greifen alle Bereiche bzw. Systeme, die mit einem Produkt in Berührung kommen, auf diese gemeinsame Datenbasis zu.

Auch allgemein anfallende Dokumente wie Stücklistenauszüge, Produktdatenblätter von eingesetzten Kunststoffen oder anderer Schriftverkehr können selbstverständlich im Teamcenter abgelegt und verwaltet werden.

Eingebettete Prozesse steuern die Rechteverwaltung der Daten, starten Datenfreigabeszenarien und führen den Anwender durch anfallende Revisionsaufgaben.

Diese im Verbund zusammenwirkende Software-Produkte bilden als Gesamtheit ein strategisches Konzept zum Management eines Produktes in Hinblick auf das Verwirklichen eines Produktlebenszyklusmanagements (PLM). Dieses Konzept umfasst sowohl unterstützende IT-Systeme als auch Methoden, Prozesse und Organisationsstrukturen.

PLM ist somit kein in sich geschlossenes System und keine käufliche IT-Lösung, sondern ein strategisches Konzept, das durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen betriebsspezifisch umgesetzt werden muss.

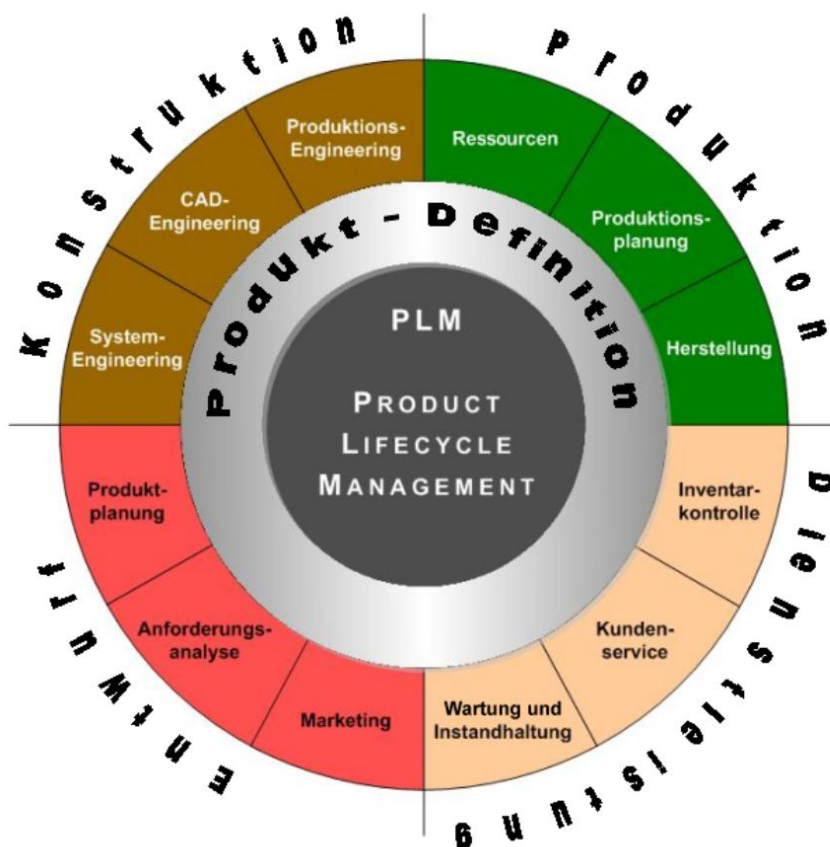


Abbildung 3: Übersicht der Strategie eines Produktlebenszyklusmanagement¹

¹ Internetauftritt Siemens SPLM

3.2 Projektziel (Soll-Ist-Vergleich)

Um sich dem Aufgabengebiet annähern zu können, ist eine Analyse der IST-Situation unumgänglich und als Basis einer umfassenden Grundlagenforschung notwendig.

3.2.1 Marktrecherche 3d-Bedieneinheiten

Marktführer für Herstellung und Vertrieb von 3d-Bedieneinheiten ist die Firma 3Dconnexion GmbH. Das Produktportfolio umfasst momentan vier verschiedene Designs vom kleinen Gerät für den mobilen Einsatzbereich bis hin zur großen Bedieneinheit an stationären Arbeitsplätzen. Mit gemeinhin vergleichbarer Bedienknöpfe und derselben innenliegenden Technik unterscheiden sich die Geräte durch zusätzlich verbundene Anzeigeelemente und erweiterte Bedienmöglichkeiten durch Drucktasten.

Für Standgeräte ist eine größere und schwerere Bauweise möglich, somit ist auch eine Handauflage integrierbar.



Abbildung 4: Produktportfolio Standgeräte der Firma 3Dconnexion GmbH²

Die Geräte zeichnen sich durch eine für Links- als auch für Rechtshänder geeignete geschwungene und formschöne Ausführung aus. Viele Bedienfunktionen rund um den zentral angeordneten Bedienknopf sind frei programmierbar. Leider ergibt sich aus dieser Kompromisslösung ein Nachteil in der Ablesbarkeit des vorhandenen frontalen Anzeigeelements. Die Anzahl der Bedienknöpfe scheint etwas hoch, somit ist es schwer, immer den jeweils richtigen Knopf schnell anzuwählen. Ist ein Blickwechsel zur Bedieneinheit notwendig, so wird dies als störend und ablenkend empfunden.

²Internetauftritt 3d-Connexion GmbH

Im Vergleich dazu eine Übersicht der mobilen Geräte: Als Kompromiss an die Mobilität sind diese Bedieneinheiten naturgemäß kleiner gehalten. Auch eine Einsparung am Gewicht wurde umgesetzt, obgleich dies einen Nachteil bei der Bedienung bringt, da durch den geringeren Gegenhalt an der Tischfläche eine Verdrehung wahrscheinlicher wird.



Abbildung 5: Produktportfolio Mobilgeräte der Firma 3Dconnexion GmbH³

Bereits auf den ersten Blick ist die sehr reduzierte Gestaltung erkennbar. Es ist keine Handauflage vorhanden und die Anzahl der Bedienknöpfe wurde auf zwei reduziert. Da aber im Arbeitsbetrieb eine Verdrehung dieser Geräte aus der idealen Handachse sehr leicht stattfinden kann, ist auch hier ein Anwählen der Tasten relativ schwierig. Die runde Ausführung des Kontrollknopfes erschwert die Beibehaltung der Ausrichtung.

3.2.2 Marktrecherche ergonomischer Bedieneinheiten

Die Standard Tastatur und Maus eines durchschnittlichen Arbeitsplatzes sind geradlinig und einfach gestaltet. Sie bieten Funktionalität und können günstig hergestellt werden. Durch das aber nicht an die Ergonomie des Körpers angepasste Design und der dadurch ermüdenden Fehlstellung der Handwurzel sind auch medizinische Nachteile möglich.

Betrachtet man die Top-Produkte eines namhaften Herstellers wie die der Firma Microsoft, so erkennt man eindeutig das zum Körper und Pro der Ergonomie entwickelte Design.

³ Internetauftritt 3d-Connexion GmbH

Charakteristisch dafür ist der Ansatz, die Winkelstellung des Handgelenkes die der natürlichen anzuleichen.

Die nachfolgende Darstellung zeigt das Produkt „*Natural Ergonomic Keyboard 7000*“ der Firma Microsoft.



Abbildung 6: Eingabegeräte Tastatur und Maus der Firma Microsoft GmbH⁴

Die winkelige Ausrichtung der Tasten und die angefügte Auflage für die Handballen sind dreieckig, in Richtung Schulter des Bedieners angeordnet. Auch ist eine kreisförmige Linie der Tasten erkennbar, um einer festen Positionierung der Handwurzel näher zu kommen.

Die für Rechtshänder ausgeprägte Formgebung der Maus bringt zwar auch eine ergonomischere Handstellung, ist aber eben nur für Rechtshandbedienung ausgelegt.

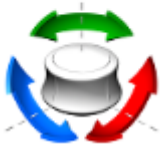
3.2.3 Funktionstechnische Analyse

Grundgedanke einer 3d-Bedieneinheit ist eine Schiebe-, Zieh-, Hebe-, Drück oder Dreh- bzw. Schwenkbewegung der Hand abzugreifen, das Ausmaß zu bemessen und diese Information entsprechen der softwaretechnischen Auswertung in gleichbedeutende Bewegungen in entsprechenden Softwareprogrammen darzustellen. Die Funktionalität bzw. das Zusammenarbeiten dieser Geräte mit verschiedenen Softwareprodukten erstreckt sich mittlerweile von CAD-Programmen entfernt, hin zu Standard Office Programmen, obgleich der praktische Einsatz hier in Frage zu stellen ist.

⁴ Internetauftritt Microsoft GmbH



Die Bewegung des Körpers bezüglich eines Inertialsystems lässt sich mit einer gleichmäßigen Translation aller Körperpunkte (und damit auch des Körperschwerpunkts) und der Rotation aller Körperpunkte um eine Körperachse darstellen.



Für einen starren Körper ergeben sich daher insgesamt sechs Freiheitsgrade: Drei für die Translation und drei für die Rotation

Abbildung 7: Darstellung der Freiheitsgrade eines Körpers im Raum

Die beschriebene Umsetzung der Bewegungen ist mittels mehrerer technischer Verfahren möglich. Zur Auswahl einer bestmöglichen Variante dienen äußere Gegebenheiten, wie mögliche oder zu realisierende Baugröße, Umwelteinflüsse wie Strahlungen oder Einflüsse magnetischer bzw. elektromagnetischer Art und Weise oder einfache Lärmbeeinflussung, auch im eventuell nicht hörbaren Bereich. Die nachfolgende Auflistung stellt nur eine wertfreie Kurzpräsentation der verschiedenen Verfahren dar mit Hinweisen auf mögliche Vor- und Nachteilen und bevorzugten Einsatzbereichen.

3.2.3.1 Elektro-mechanisches Messverfahren

Dieses Mess-System arbeitet unter Zuhilfenahme von Dehnungsmessstreifen und Potentiometern. Nachteilig wirkt sich die aufwändige mechanische Konstruktion aus, mit Hilfe derer die Bewegungen abgegriffen werden können. Anwendung fand das System beim „Cyberglove“, einem Datenhandschuh, der über ein mechanisches „Exoskelett“ verfügt und so die Krümmung der Finger überträgt.

3.2.3.2 Opto-elektronisches Messverfahren

Ein ausgesandter Lichtstrahl wird mit Hilfe von unterschiedlich großen Lichtöffnungen, die durch die mechanische Bewegung gesteuert werden, in seiner Intensität verändert. Diese unterschiedlichen Lichtmengen werden mittels Fotosensoren ausgewertet und somit die jeweilige Auslenkung des Bedienteiles erkannt. Vorteil dieser Art der Erkennung ist die Robustheit durch das Nicht-Bewegen der Messelemente. Diese Art der Positionsbestimmung ist in den 3d-Bediengeräten der Firma 3Dconnexion GmbH eingesetzt.

3.2.3.3 Elektro- magnetisches Messverfahren

Lageveränderungen von Emitter zu Empfänger verursachen Veränderungen in den Magnetlinien, die den Empfänger durchströmen. Eine Störung dieses Systems durch äußere Einflüsse ist kaum von Relevanz, da dieses System hauptsächlich in kleinen Baugrößen eingesetzt wird. Allerdings ist dies auch der Hauptkritikpunkt an diesem Messverfahren, da mit zunehmendem Abstand die Präzision leidet.

3.2.3.4 Ultraschall Messverfahren

Die von einem Emitter ausgesandten elektro-magnetische Schallwellen werden von mindestens drei räumlich verschieden angeordneten Empfängern ausgewertet. Die unterschiedliche Laufzeit der Schallwellen stellt die Basis der Triangulation der Position des Emitters im Raum dar. Leider ist dieses System durch im Raum befindliche Schallgeber sehr leicht zu beeinflussen.

3.2.4 Designtechnische Analyse

Der Weg der Designer lässt sich im Allgemeinen in zwei Richtungen einordnen. Ist es bei den modernen, eher den zum jugendlichen Zielpublikum hin gerichteten Produkten ein auffälliges und poppiges Erscheinungsbild, so geht man bei elektronischen Geräten und Gegenstände für den „erwachsenen“ Anwender allgemein zum klassisch ruhigen Design.

Was Design bewirken kann, ist von der Firma Apple im Smartphone-Bereich hervorragend demonstriert worden. Zu Zeiten, in denen der Mobilfunkmarkt bereits sehr gesättigt gewesen zu sein schien und es vermehrt nur mehr zum Verdrängungswettbewerb gekommen war, ging eine vergleichsweise junge Firma hin und brachte ein zusätzliches Gerät auf den Markt. Bestechend waren das Aussehen und die für den Anwender intuitive Bedienung. Das Ergebnis liegt, mit einem Marktanteil von 22.9% hinter Samsung mit 26,4% auf Platz 2 liegend, sehr demonstrativ vor.

Bei dem Produkt *Abbildung 8: SpacePilotTMPro* der Firma 3Dconnexion GmbH ist die geradlinige und bis einschließlich der um den zentralen Bedienknopf angeordneten Bedienteile symmetrische Ausführung sehr gut erkennbar. Das Erscheinungsbild ist sehr aufgeräumt, es besticht mit einer reduzierten Formgebung und bietet somit ein zeitgemäßes Design.



Abbildung 8: SpacePilot™Pro der Firma 3Dconnexion GmbH⁵

⁵ Internetauftritt 3d-Connexion GmbH

Allgemein ist das Produkt aber symmetrisch und nicht der Ergonomie dienend zum Benutzer ausgerichtet. Eine Begründung für ein solcherart gestaltetes Design könnte ein Zugeständnis für die wahlweise als Rechts- oder Linkshandbedienung jeweilige Positionierung am Arbeitsplatz sein.

Die Steuerungstasten sind ringförmig um den zentralen Bedienknopf angeordnet. Die Anzahl und der Abstand zum Bedienknopf macht es dem Anwender schwer, die gewünschten Tasten ohne Wechseln der Blickrichtung zur Bedieneinheit zielsicher zu erwischen.

3.2.5 Patentrechtliche Analyse

Um nicht Gefahr zu laufen bestehende Rechte zu verletzen, ist eine Recherche der rechtlichen Situation notwendig. Ein Patent ist ein hoheitlich erteiltes gewerbliches Schutzrecht für eine Erfindung, die den Inhaber berechtigt, anderen die Nutzung der Erfindung zu erlauben oder zu untersagen.

Eine öffentlich zugängliche Plattform für eine erste Patentrecherche bietet das Deutsche Patent- und Markenamt mit der Bereitstellung der Internet Seite www.depatistnet.de.

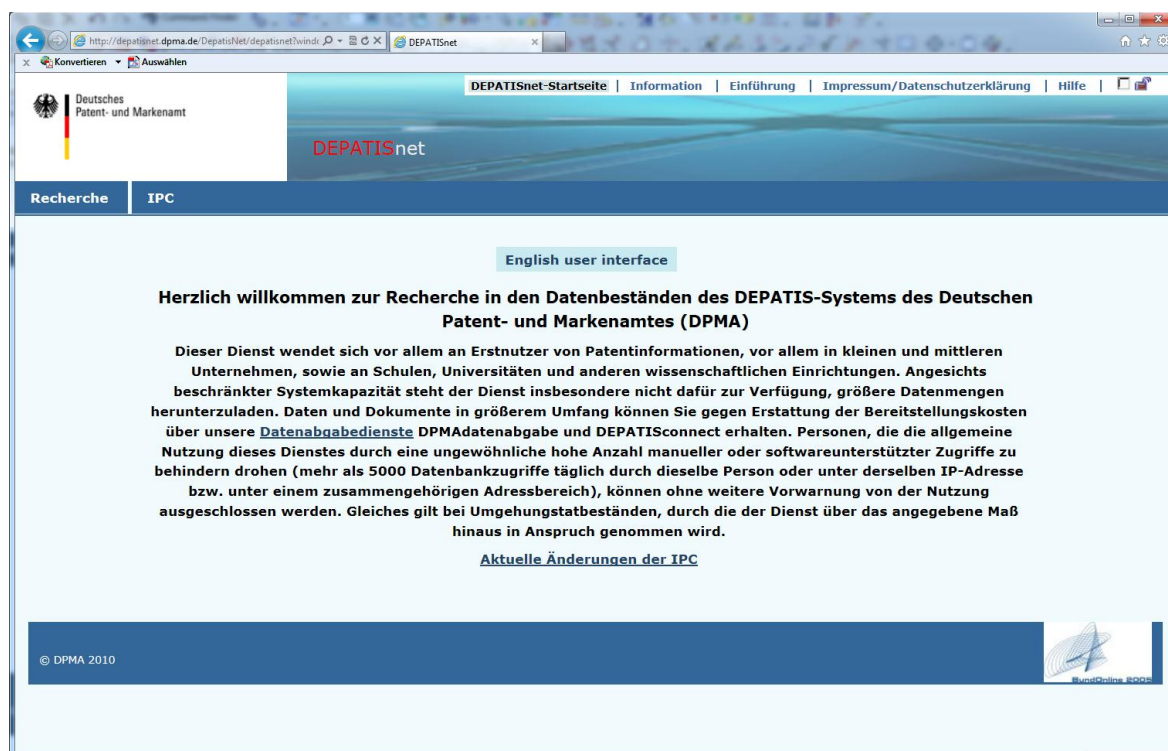


Abbildung 9: Internetplattform des Deutschen Patent- und Markenrechts⁶

⁶ Internetauftritt Deutsches Patent und Markenamt

Die Vielzahl der Patente, die örtlich, je nach in den Anmeldungen benannten Staaten, abgegrenzte rechtliche Geltung, die Laufzeit von Patenten von maximal 20 Jahren mit der Möglichkeit von Folgepatenten und die erst nach dem Ablauf von 18 Monaten nach dem Prioritätsdatum stattfindende Veröffentlichung der Patentanmeldung, sind Anzeichen dafür, dass eine Patentrecherche immer nur nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt werden kann. Um zu einem bestmöglichen Ergebnis zu kommen, empfiehlt es sich, in diesen Angelegenheiten mit Patentanwaltskanzleien zusammen zu arbeiten.

Allein die Suche nach der Firma 3d-Connexion als Patentinhaberin in der entsprechenden Suchmaske liefert, um Patentfamilien bereinigt, bereits eine beachtliche Anzahl von 35 Patenten, die allesamt mehr oder minder mit der Thematik einer Benutzerstellenvorrichtung und der Messung von Relativbewegungen und deren Übersetzung in Weganweisungen, für die mit den Vorrichtungen korrespondierenden Software Programmen, in Verbindung stehen.

Nachfolgende Tabellen stellen einen Auszug der gefundenen Patente dar. Es ist klar erkennbar, dass die Hauptanzahl der Patente in Deutschland zur Anmeldung kam.

DE602004006227T2	17.03.2004	[DE] Benutzerschnittstellenvorrichtung
DE202004021400U1	17.03.2004	[DE] Benutzerschnittstellenvorrichtung
DE102004051565A1	22.10.2004	[DE] Optoelektronische Anordnung zum Erfassen von Relativbewegungen oder Relativpositionen zweier Objekte und Methodik zum Design
DE000020121798U1	13.08.2001	[DE] System zur frei spezifizierbaren Echtzeit-Steuerung
DE000019947733B4	05.10.1999	[DE] Einrichtung zum Erfassen und Auswerten von Kenndaten an einem Fahrzeugsitz sowie diesbezügliche Auswerteverfahren
DE000010337914A1	18.08.2003	[DE] Manipulation von realen oder virtuellen rechnergestützten Objekten durch zweihändige Bedienung von Eingabegeräten
DE000010334126B4	25.07.2003	[DE] Fehlerkorrektur bei Kraft-/Momentensensoren
DE000010325284A1	04.06.2003	[DE] Multidimensionales Eingabegerät zur Navigation und Selektion von virtuellen Objekten
DE000010301059A1	14.01.2003	[DE] Anordnung zum Erfassen von Bewegungen oder Positionen zweier Objekte relativ zueinander
DE000010300676A1	10.01.2003	[DE] Identifizierung eines Benutzers eines 3D-Controllers
DE000010246031A1	02.10.2002	[DE] Positions- und/oder Bewegungsfühler mit Überlastungsschutz

Abbildung 10: Auszug der Patente von 3dConnexion GmbH

DE000010225418A1	07.06.2002	[DE] Meßvorrichtung zum Messen von Positionen oder Bewegungen
DE000010211956B4	18.03.2002	[DE] Vorrichtung zum Anbringen optoelektrischer Komponenten auf einer Leiterplatte
DE000010158777B4	30.11.2001	[DE] Anordnung zum Erfassen von Relativbewegungen oder Relativpositionen zweier Objekte
DE000010158776B4	30.11.2001	[DE] Anordnung zum Erfassen von Relativbewegungen oder Relativpositionen zweier Objekte
DE000010158775B4	30.11.2001	[DE] Anordnung zum Erfassen von Relativbewegungen oder Relativpositionen zweier Objekte
DE000010155030A1	09.11.2001	[DE] Desktopmanager
DE000010146473A1	21.09.2001	[DE] Kombiniertes Positions-/Kraftmomentensensor
DE000010146471A1	21.09.2001	[DE] 3D-Eingabegerät mit integriertem Touchscreen
DE000010146470B4	21.09.2001	[DE] Auswahl von Software- und Hardwarefunktionen mit einem Kraft-/Momentensensor
EP000001998243A1	25.05.2007	[DE] Optoelektronische Vorrichtung und elastisches Element dafür
EP000001995995A1	25.05.2007	[DE] Stromkreis zur individuellen Steuerung von lichtemittierenden Elementen und optoelektronische Vorrichtung
US0000000615544S	03.06.2009	[EN] Electronic hand controlled computer input device having multiple hand movement sensors and a LCD-display

Abbildung 11: Auszug der Patente von 3dConnexion GmbH

3.3 Aufgabenstellung (Soll-Konzept)

Das Conclusio der vorangegangenen Analysen sind resultierend Auffälligkeiten, die entweder vermieden oder übernommen und gegebenenfalls verbessert werden sollten. Zusammengefasst zu einer allgemeinen Matrix ist zu diesem Zeitpunkt die Punktesammlung noch sehr allgemein gehalten, um nicht bereits zu Beginn eine Einschränkung zu erfahren.

Jeder mitnotierten Anmerkung wird ähnlich einem Benotungssystem eine Gewichtung zuerkannt. Anhand dieser Grundlage werden die relevanten, möglichst zu erfüllenden Randbedingungen von den allgemeinen und meist nur „NiceToHave“ Punkten getrennt. Sehr relevant ist hier, die Bewertung möglichst breit gefächert und aus vielfältigen Blickwinkeln aufzustellen, denn so manche technische Errungenschaft ist auf Grund von verkaufspolitischen Gegebenheiten nicht beim Endkunden angelangt. Nur ein Zusammenwirken der Sichtweisen von der Entwicklung, der Produktion, Montage bis hin zum Verkauf und Kundenbetreuung kann ein Produkt in seiner Gesamtheit erfolgreich machen.

Endergebnisse dieser Überlegungen werden in einem Lastenheft zusammengetragen und dienen als Basis für die weitere Richtung der Entwicklung.

3.3.1 Auflistung der technischen Entwicklungsvorgaben

- Rechts- und Linkshandbedienung:

Um eine möglichst große Zielgruppe ansprechen zu können, und dennoch nicht zwei getrennte Produkte auf den Markt bringen zu müssen, empfiehlt es sich, das Bediengerät für jeweils Links- oder Rechtshandbedienung auszuführen.

- Bedieneinheiten integriert und zusammengefasst:

Die Bedieneinheiten sollten so gestaltet werden, dass eine Bedienung intuitiv ist und diese möglichst ohne weitere gesonderte Zuwendung des Bedieners erreichbar sind.

- Ergonomisch komfortabel:

Großes Augenmerk muss auf das ergonomische und zum Benutzer hin gerichtete Design gelegt werden.

- Aufgeräumtes Erscheinungsbild:

Betrachtet man die modernen Gerätschaften auch in der mobilen Unterhaltungselektronik, so ist erkennbar, dass das Erscheinungsbild reduziert, aufgeräumt und somit zeitgemäß wirkt.

3.3.2 Technische Marktpositionierung

Dieses Projekt zielt nicht darauf ab, eine neuartige technische Basis zu entwickeln. Betrachtet man die derzeit auf dem Markt befindlichen Techniken und deren Anspruch auf Schutzrechte, so scheint der vorhandene elektronisch-technische Bereich bereits angereizt. Das Begehren dieser Produktentwicklung ist es, die bestehende technische Basis der Firma 3d-Connexion zu nutzen und eine geänderte Umhausung zu generieren.

Der eigentliche Vorteil dieser Neuentwicklung liegt in den ergonomisch und zum Benutzer gerichteten Bedienelementen inklusive der Anzeige am Gerät. Die am Markt befindlichen Geräte niedrigerer Preisgestaltung haben allesamt kein integriertes LCD Farbdisplay, weniger Funktionstasten und ein weniger ansehnliches Erscheinungsbild. Betrachtet man zusätzlich das Preisgefüge der am Markt vertriebenen Geräte, so ist eine Streuung beginnend mit ca. € 100,- für einen Space Navigator bis zu etwa € 400,- für das Top-Produkt vorhanden. Die Ansiedelung des zu entwickelnden Produktes kann aus preispolitischen aber auch als verkaufsstrategischen Gesichtspunkten nur auf selber Ebene wie der, die das Produkt „*SpacePilotTMPro*“ darstellt, erfolgen.

3.3.3 Positionierung des Vertriebes

Eine Entwicklung eines solchen Produktes, das die bestehende und patentrechtlich geschützte Technik eines am Markt befindlichen Anbieters verwenden soll, das aber auch durch seine Komplexität schwierig umzusetzen ist und nur durch entsprechenden Einsatz finanzieller Mittel möglich wird, übersteigt die Kapazitäten eines Einzelunternehmers.

Durch Anstreben einer Kooperation, wobei ein Partner als Ideenlieferant fungiert und der zweite Partner den operativen Part übernimmt, kann ein neuartiges und innovatives Produkt seinen Weg in absehbarer Zeit zum Kunden finden. Unterstützt wird dieses Ansinnen durch die Tatsache, dass vor nicht allzu geraumer Zeit ein von der Firma 3d-Connexion GmbH gestartetes Projekt, mit dem Inhalt ein von den Kunden in einem Wettbewerb mitgestaltetes Design zu entwickeln, durchgeführt wurde. Momentan ist kein Einblick über eventuell vorhandene Projektfortschritte vorhanden.

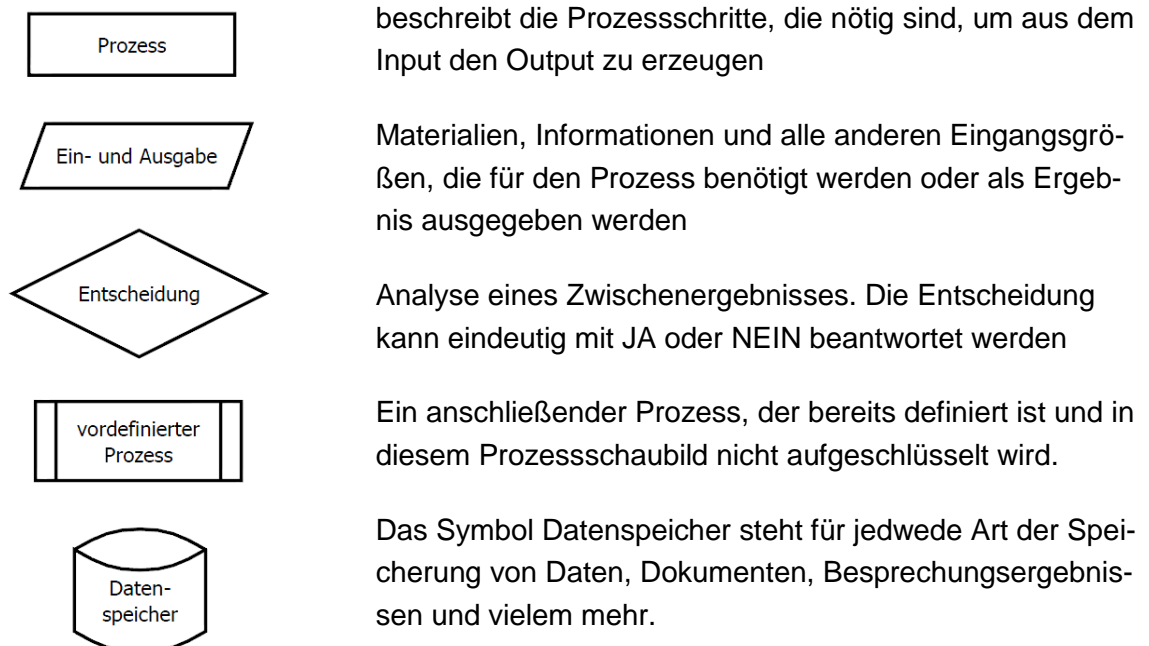
4 Prozessplanung

Nach Fertigstellung und Zusammenfassung der groben Eckpunkte der Produktentwicklung gilt es nun, den weiteren Verlauf in einer umfassenden Planung unter Betrachtung von Struktur, Zeit und Ressourcen festzuhalten. Als die dafür notwendigen Werkzeuge für die Prozessplanung sind im Folgenden ein Strukturdiagramm für die Prozessvisualisierung und ein GANTT Diagramm zur Darstellung der Zusammenhänge im zeitlichen Ablauf.

4.1 Prozessvisualisierung

Die Prozessvisualisierung ist die graphische Darstellung der Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird.

In dem nachfolgenden Strukturdiagramm ist das Zusammenwirken verschiedener Prozesse dargestellt, die in diesem Zusammenwirken die Beschreibung eines Entwicklungsprozesses, wie es auf das Beispiel der 3d-Bedieneinheit angewendet werden kann, abbildet. Hauptbestandteile sind neben anderen Prozessschaubildern die Darstellungen für Verarbeitungsprozess, Ein- und Ausgabe von Informationen und Entscheidungsfindungen.



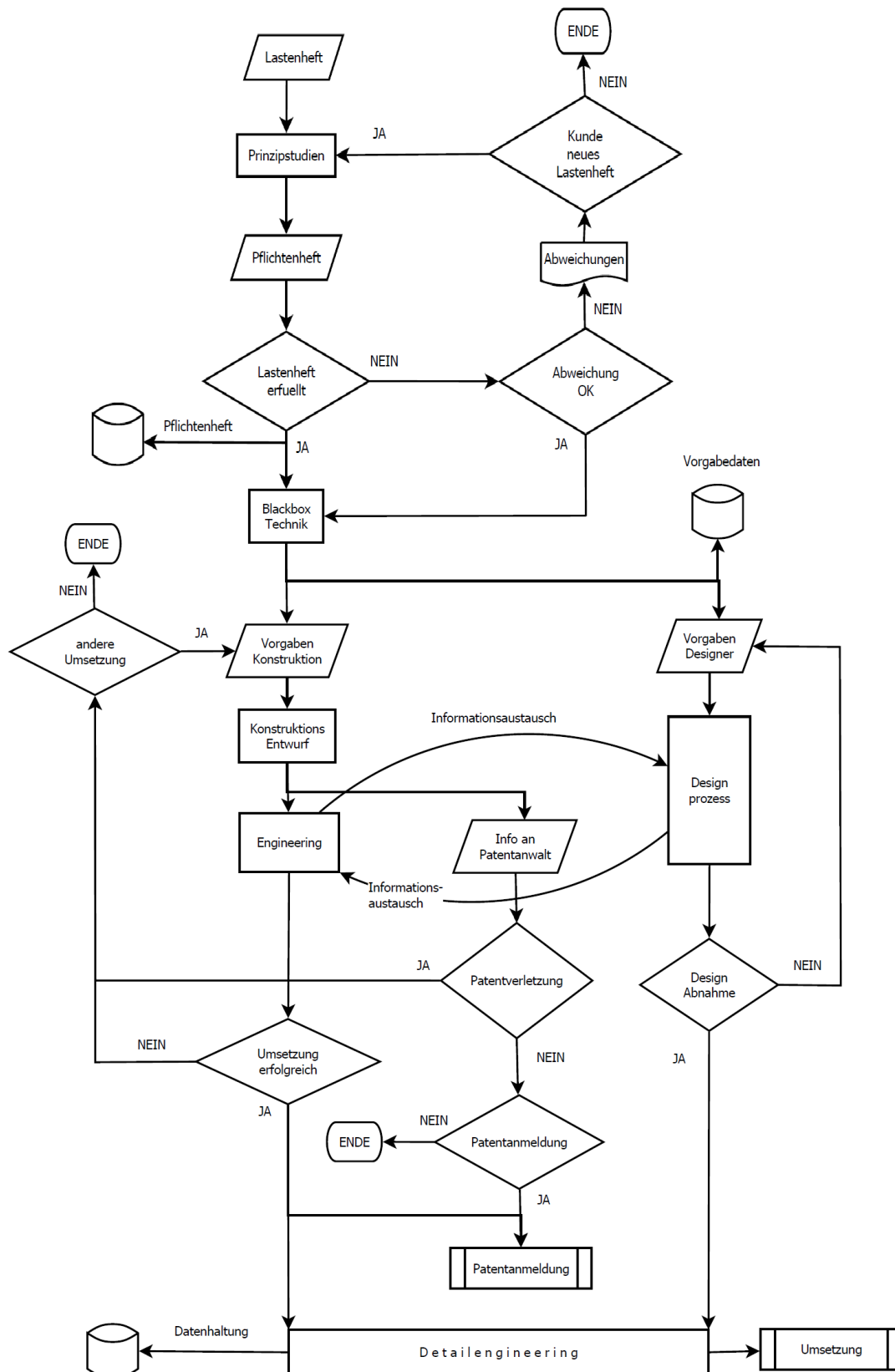


Abbildung 12: Strukturdiagramm Entwicklungsprozess allgemein

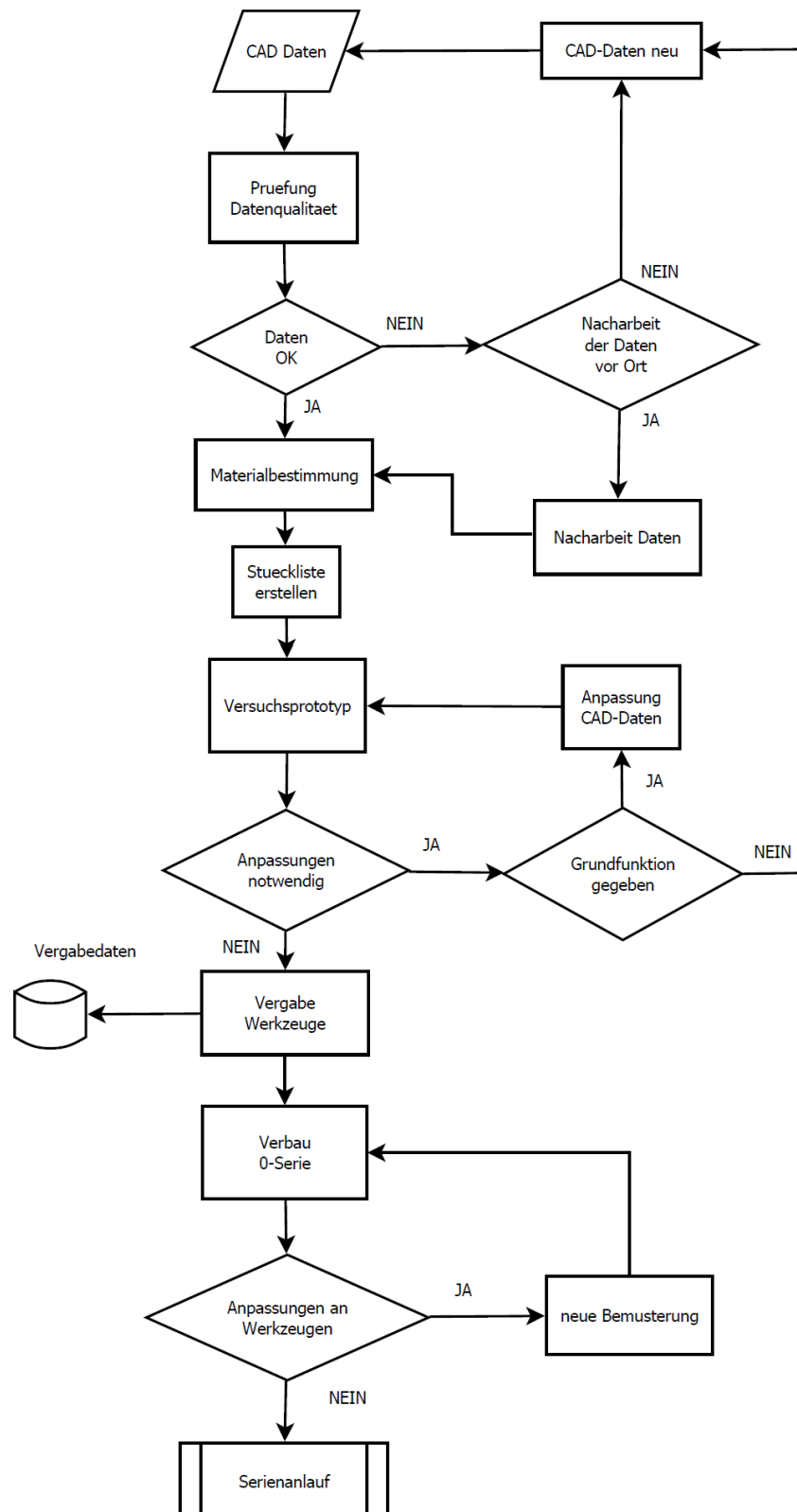


Abbildung 13: Strukturdiagramm Anlauf Serienproduktion

4.2 GANTT Diagramm

Ein Gantt-Diagramm oder Balkenplan ist ein nach dem Unternehmensberater Henry L. Gantt (1861–1919) benanntes Instrument des Projektmanagements, das die zeitliche Abfolge von Aktivitäten grafisch in Form von Balken auf einer Zeitachse darstellt.

Im Gantt-Diagramm werden die Aktivitäten eines Projektes in die erste Spalte einer Tabelle eingetragen. In der ersten Zeile der Tabelle wird die Zeitachse dargestellt. Die einzelnen Aktivitäten werden dann in den jeweiligen Zeilen mit einem waagerechten Balken visualisiert. Je länger der Balken, desto länger dauert die Aktivität. Sich überschneidende Aktivitäten werden durch überlappende Balken dargestellt. Auch die Visualisierung des kritischen Pfades ist möglich. Häufig wird mit Pfeilen versucht, Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten zu verdeutlichen. Bei einer großen Anzahl an Aktivitäten wird die Darstellung dann schnell unübersichtlich. Das Gantt-Diagramm eignet sich deshalb eher für Projekte mit einer geringen bis mittleren Anzahl an Aktivitäten.

Eine Herausforderung liegt in der Wahl des richtigen Detaillierungsgrades. Eine zu geringe Anzahl an Aktivitäten oder nur die Darstellung von Teilprojekten ermöglicht keine ausreichende Kontrolle der Aktivitäten. Jede einzelne Tätigkeit aufzunehmen, schwächt die Aussagekraft. Die Zusammenfassung von Aktivitäten zu Projektphasen macht das Gantt-Diagramm erheblich übersichtlicher.

Das für diese Anwendung bekannteste Software Programm ist sicherlich das Produkt von Microsoft Corporation namens MS-Project. Auf Grund des hohen Anschaffungspreises, aber dafür mit umfangreichen Funktionen der Zusammenarbeit mit anderen Produkten von Microsoft Corporation, wie etwa direktes Ansprechen von Ressourcen aus dem Projektplan und Aufgabenverteilung in Verbindung mit MS-Outlook, ist dieses Programm ausgerichtet für größere Firmen oder Abteilungen für die strukturierte Zusammenarbeit mehrerer Personen.

Eine mögliche Alternative bietet dagegen die in JAVA geschriebene freie Anwendung für Projektplanung namens GanttProject.< <http://www.ganttproject.biz/>> Die Hauptfunktionalitäten umfassen unter anderem Gantt-Diagramm, Ressourcenmanagement, Erstellung von Berichten, sowie den Import/Export von MS Project, HTML und PDF-Daten und einen Datenaustausch mit Tabellenkalkulationsprogrammen.

In dem nachfolgenden Gantt-Diagramm ist der angesetzte Zeitplan für die Realisierung des Projektes „3d-Bedieneinheit“ dargestellt.

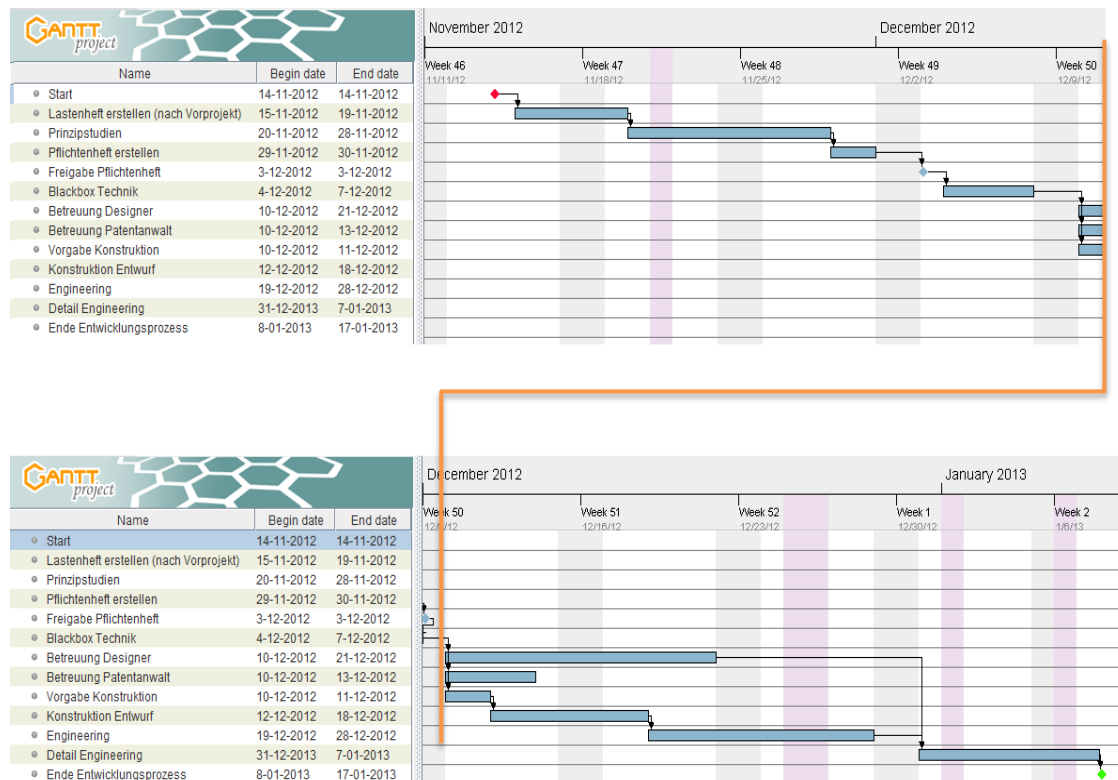


Abbildung 14: Gantt Diagramm Entwicklungsprozess 3d-Bedieneinheit

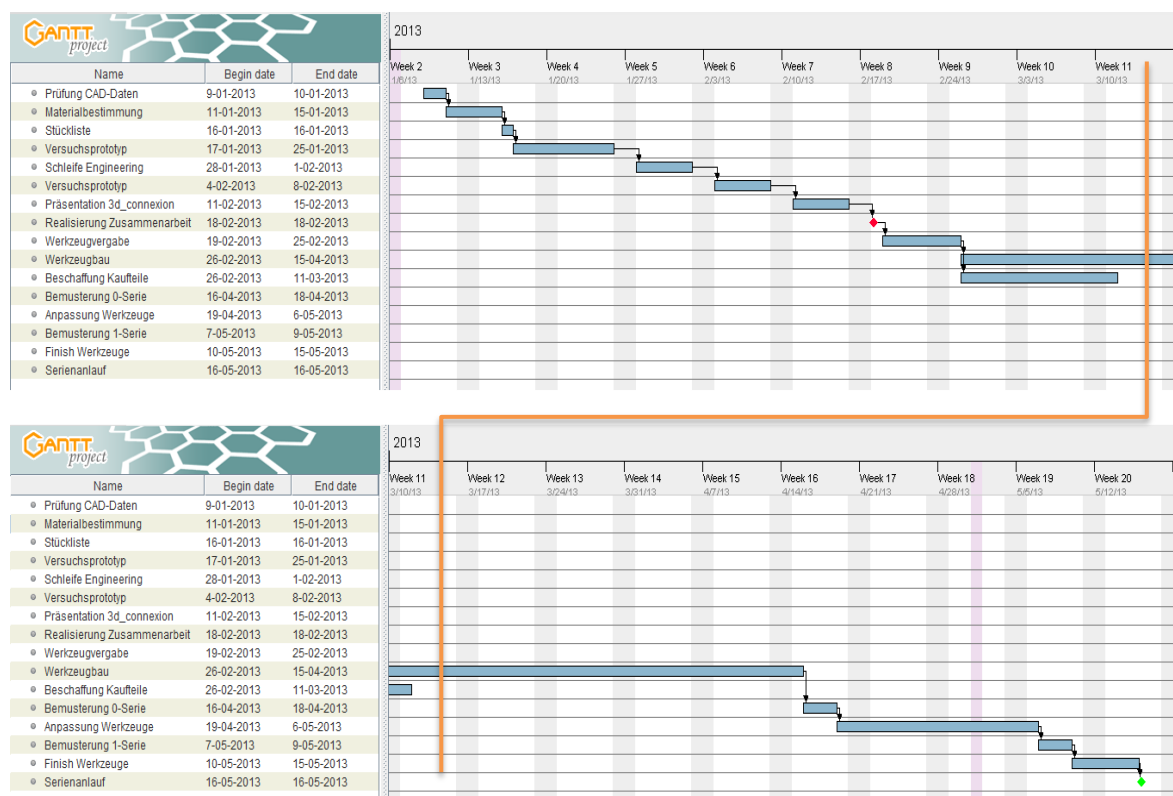


Abbildung 15: Gantt Diagramm Serienproduktion 3d-Bedieneinheit

5 Prozess-Realisierung

Entsprechend der in der Prozessplanung aufgestellten Vorgaben wird nun durch schrittweise Abarbeitung der festgehaltenen Punkte die Realisierung in Angriff genommen. Einige Punkte können vom Vorprojekt übernommen werden.

5.1 Lastenheft

Per Definition beschreibt das Lastenheft die "Gesamtheit der Forderungen an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers innerhalb eines (Projekt-)Auftrags" (DIN 69901-5). Grundsätzlich sollte der Auftraggeber das Lastenheft formulieren. Es dient dann als Grundlage zur Einholung von Angeboten (Ausschreibung, Angebotsanfragen). Insbesondere im Bau und Anlagenbau wird das Lastenheft auch als Leistungsverzeichnis (LV) bezeichnet.⁷

Es gilt ein neues Design für eine 3d-Bedieneinheit auf Basis der bekannten Geräte der Firma 3d-connexion GmbH zu entwickeln.

Folgende möglichst genau zu erfüllende Vorgaben wurden durch Analysen und Festlegungen ermittelt:

- Rechts- und Linkshandbedienung:

Um eine höchst mögliche Flexibilisierung zu erreichen, wird ein schwenkbarer Anzeige- und Bedienbereich als Konfigurationsschnittstelle angestrebt.

- Bedienknopf mit Funktionstasten:

Der Bedienknopf soll 2 integrierte Tasten erhalten.

- Ergonomisch komfortabel:

Es ist eine Auflagefläche für den Handballen zu integrieren. Der Bedienknopf soll eine anschauliche Größe erhalten, um angenehm in der Hand zu liegen.

⁷ DIN 69901-5:2009-01

➤ Aufgeräumtes Erscheinungsbild:

Wenig verwinkelte Kanten, gleichmäßige Oberfläche und die Auflage als IMD fähiges Bauteil zur individuellen optischen Aufwertung runden das Gesamtkonzept ab.

➤ Ansprechende Haptik:

Kontaktflächen zum Bediener sollten ein hochwertiges Griffgefühl vermitteln. Erkennbar geformte Griffmulden geben dem Bediener ein Gefühl eines sicheren Greifens des Bedienknopfes.

5.2 Prinzipstudie

Die beim Bedienknopf zu installierende Funktionstasten können ähnlich geartet der Tasten einer Computermouse betrachtet werden. Analog der Lösung dieser Problematik bei diesen Geräten kann der kurze Schaltweg der Funktionstasten am Bedienknopf als einfache elastische Verformung eines Kunststoffteiles umgesetzt werden. Die Art und Weise der Befestigungen und die Montagevorgaben richten sich nach den Lösungsmöglichkeiten der bereits am Markt befindlichen Vergleichsgeräte.

5.3 Pflichtenheft

Laut DIN 69901-5 umfasst das Pflichtenheft die „vom Auftragnehmer erarbeiteten Realisierungsvorgaben aufgrund der Umsetzung des vom Auftraggeber vorgegebenen Lastenhefts“. Die Anforderungen des zuvor ausgearbeiteten Lastenhefts sind nun mit technischen Festlegungen der Betriebs- und Wartungsumgebung verknüpft.

Das Pflichtenheft wird vom Auftragnehmer formuliert und auf dessen Wunsch vom Auftraggeber bestätigt. Idealerweise sollten erst nach dieser Bestätigung die eigentlichen Entwicklungs-/Implementierungsarbeiten beginnen. Der Auftragnehmer hat einen durch den Vertrag bestimmten Anspruch auf solche Bestätigung.⁸

Nach Prüfung der Forderungen durch das Lastenheft und eingehender Prüfung der definierten Vorgaben wird das Lastenheft vollinhaltlich bestätigt.

Die Rechts- und Linkshandbedienung wird wie vorgeschlagen mittels verstellbarer Displayeinheit angestrebt. Das Display wird nur als Anzeigeelement und mit vier Funktionstasten versehen. Die Verbindung zur Haupteinheit kann durch ein flexibles Kabel realisiert werden.

⁸ DIN 69901-5:2009-01

Der Bedienknopf wird mit einem Durchmesser von etwa 60mm groß genug sein, um ein angenehmes Haltegefühl zu vermitteln und die gewünschten zwei Tasten zu verwirklichen. Die Schwierigkeit dabei wird die Ermittlung der Druckkraft sein, die mindestens so stark sein muss, dass unbeabsichtigtes Betätigen verhindert wird, aber dennoch so leicht sein muss, dass bei der Betätigung keine Kippbewegung des Bedienknopfes mit verbundener Rollinformation an die entsprechende Software vonstattengeht. Ansatz hier ist die Ausprägung von Griffmulden oder anderwärtiger Halterippen. Sollte dies nicht ausreichend sein, so sollte über eine softwaremäßige Deaktivierung der Bewegungsinformation während des Drückens einer Taste entschieden werden.

Die Breite, Höhe und Ausformung der Auflagefläche für die Hand werden in Versuchsreihen ermittelt werden. Ausgehend vom Referenzprodukt kann hier mit einer maximalen Breite von ca. 120 mm und einer Ausdehnung von etwa 140 mm von Beginn der Handauflage bis Mitte Bedienknopf gerechnet werden.

Erscheinungsbild und Haptik werden als Vorgaben an den Designprozess herangetragen.

Dieses Pflichtenheft gilt als von den Kundenanforderungen und vom Ausführenden als bestätigtes Übereinkommen zur Ausführung dieser Entwicklung. Das Dokument wird zur späteren Nachvollziehbarkeit im Datenmanagementsystem Teamcenter abgelegt.

5.4 Blackbox Technik

Um die Blackbox als Vorgabe sowohl für den Designer als auch für den Entwurfsprozess in der Konstruktion zur Verfügung zu haben, wird ein am Markt befindliches Gerät auseinander gebaut, analysiert und die darin steckende Technik als CAD-Datenmodell aufgebaut und die notwendigen Kontaktpunkte eingebracht.

Bei der Analyse kann zugleich auf den Aufbau und die Art und Weise der Verschraubung eingegangen werden. Gleichzeitig kann die hier freigelegte Technik in einem später zu erstellenden Funktions- und Designprototyp verwendet werden.

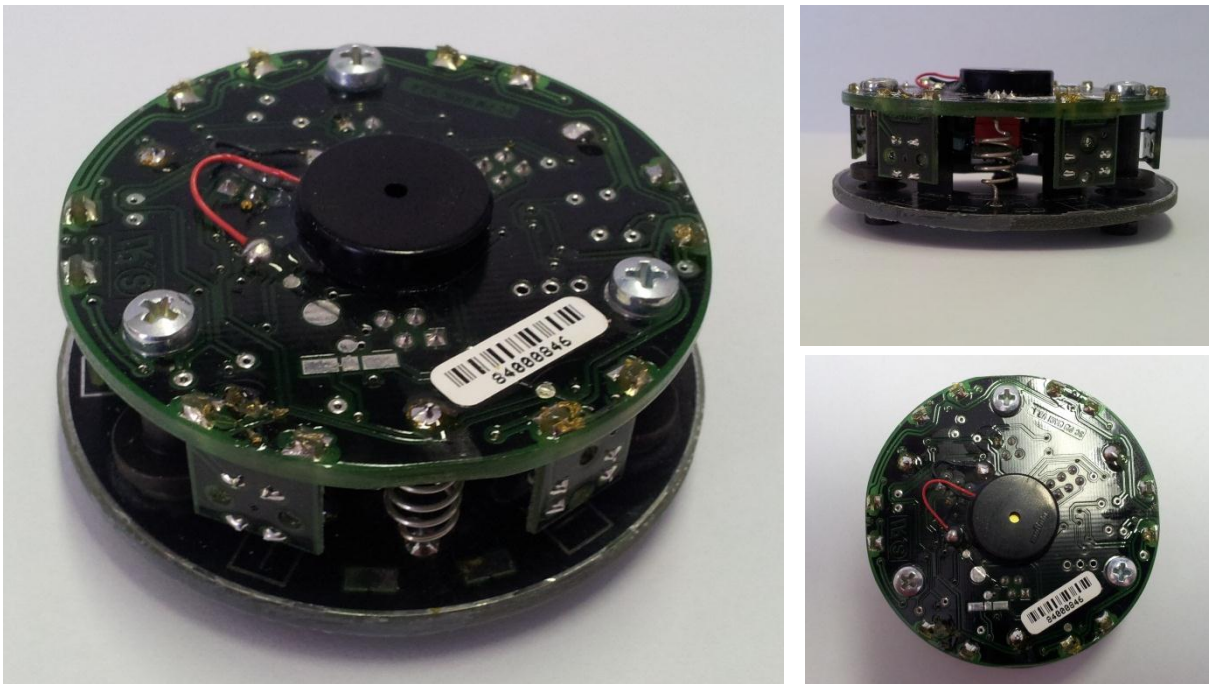


Abbildung 16: Messmechanismus Bewegung Bedienknopf

Die in Abbildung 16 ersichtlichen Bilder stellen das Herz der 3d-Bediengeräte dar. Eine Basisplatine mit drei Schraubpunkten zur Verbindung mit dem Gehäuse ist mittels drei Zug- und Druckfedern zu einer zweiten mit dem Bedienknopf verklebten Platine auf Distanz gehalten. Sechs am Umfang der beweglichen Platine angeordnete Lichtemitter und FOTOSENSOREN sind durch am feststehenden Teil positionierte Schlitzplatinen derart zueinander geschirmt, dass eine Relativbewegung der Teile zueinander als ein Wandern der auf den FOTOSENSOREN auftreffenden Lichtinformationen erkannt werden kann. Dabei wird abwechselnd eine vertikale und eine horizontale Schlitzung verbaut, um die entsprechenden möglichen Bewegungen in die maximal möglichen sechs Bewegungsrichtungen abdecken zu können.

Für die Umsetzung dieser Hardware in verwertbare CAD-Daten werden die Hauptabmessungen mittels Messschieber abgegriffen und in das verwendete 3d-CAD Programm übertragen. Da für die weitere Verwendung lediglich die Außenabmessungen relevant sind, wird nicht auf die einzelnen verbauten Elemente an der Platine eingegangen. Die für die Funktion notwendigen Fixpunkte wie Verschraubungen, Anschlusselemente wie Stecker und technische Besonderheiten, wie eine Schutzeinrichtung für den gerichteten Verbau der Einheit, werden exakt festgehalten.

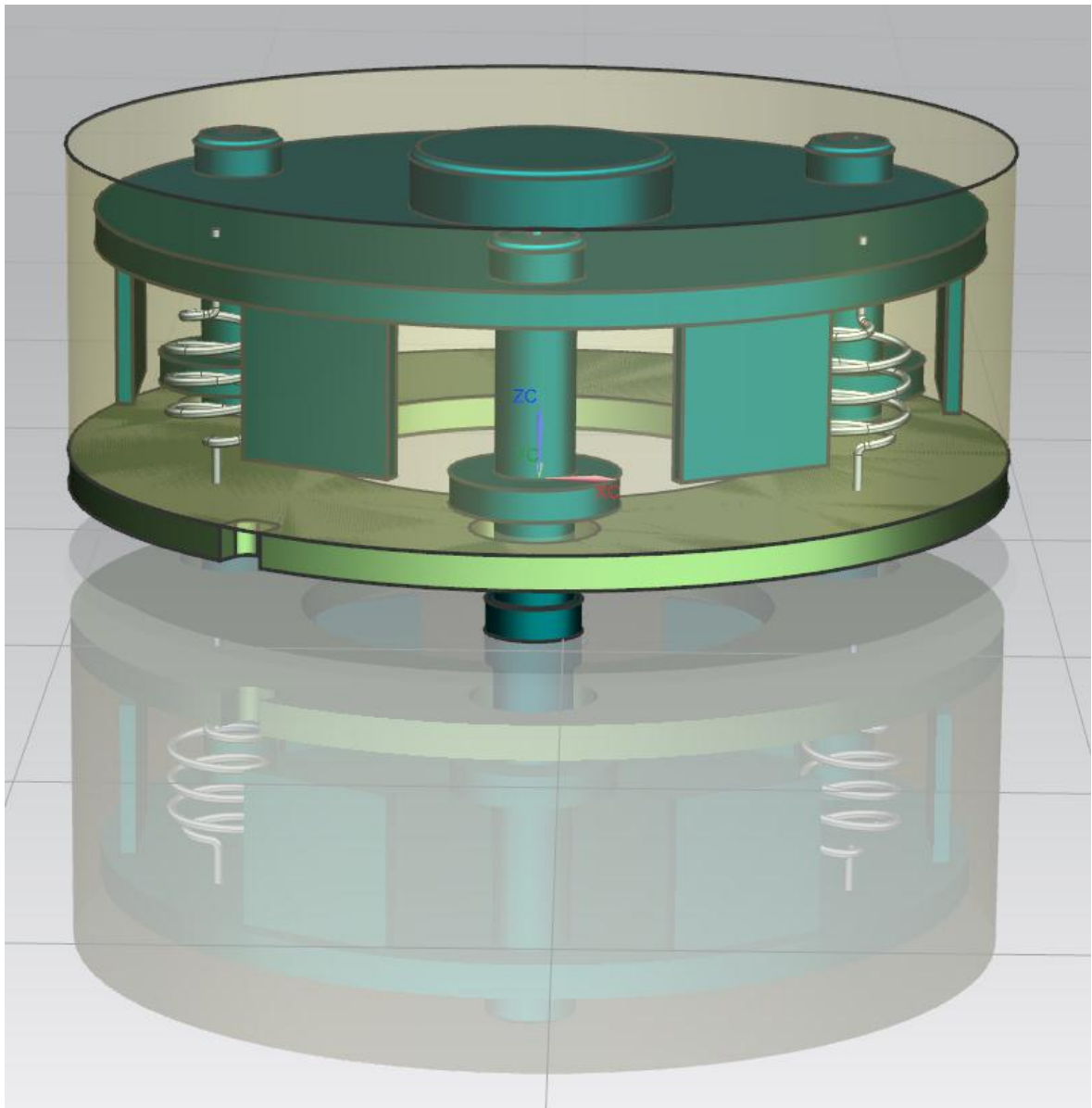


Abbildung 17: CAD-Datenmodell des Technikpaketes als Blackbox

Die nun zur Verfügung stehende CAD-Dateninformation in Verbindung mit dem bereits im Vorfeld erstellten und bestätigten Pflichtenheft bilden die Ausgangsbasis für den weiteren Konstruktionsverlauf und für den nun einzuleitenden Designprozess.

5.5 Design

Das Design spielt in der erfolgreichen Vermarktung eines Produktes eine tragende Rolle. Umso mehr freut es mich, für diese Aufgabe Frau

Lisa FÜHNER

Diplom Produktdesignerin (FH)

meinen persönlichen Dank aussprechen zu können. Die ermittelten Vorgaben wurden in einem Eingangsgespräch übergeben und ein Eindruck für das zu erreichende Ziel vermittelt. In gemeinsamen Besprechungen wurden erste Ideen analysiert und der weitere Weg festgelegt.

Die folgenden Angaben beschreiben nunmehr den beschrittenen Weg mit dem Abschlussergebnis des Designprozesses. Dargestellte Abbildungen sind Teil der Design-Beschreibung und werden nicht gesondert als Abbildungen verwaltet.

5.5.1 Design – IST Analyse



Pro:

für Links- und Rechtshänder geeignet
ergonomisch komfortabel
viele Bedienfunktionen

Kontra:

relativ großer Gesamtkörper
hochkomplex
sehr viele Knöpfe
Display ist frontal schlecht lesbar

5.5.2 Design – Zieldefinition

funktional:

für Links- und Rechtshänder geeignet
Bedieneinheiten zusammengefasst
und integriert
ergonomisch komfortabel

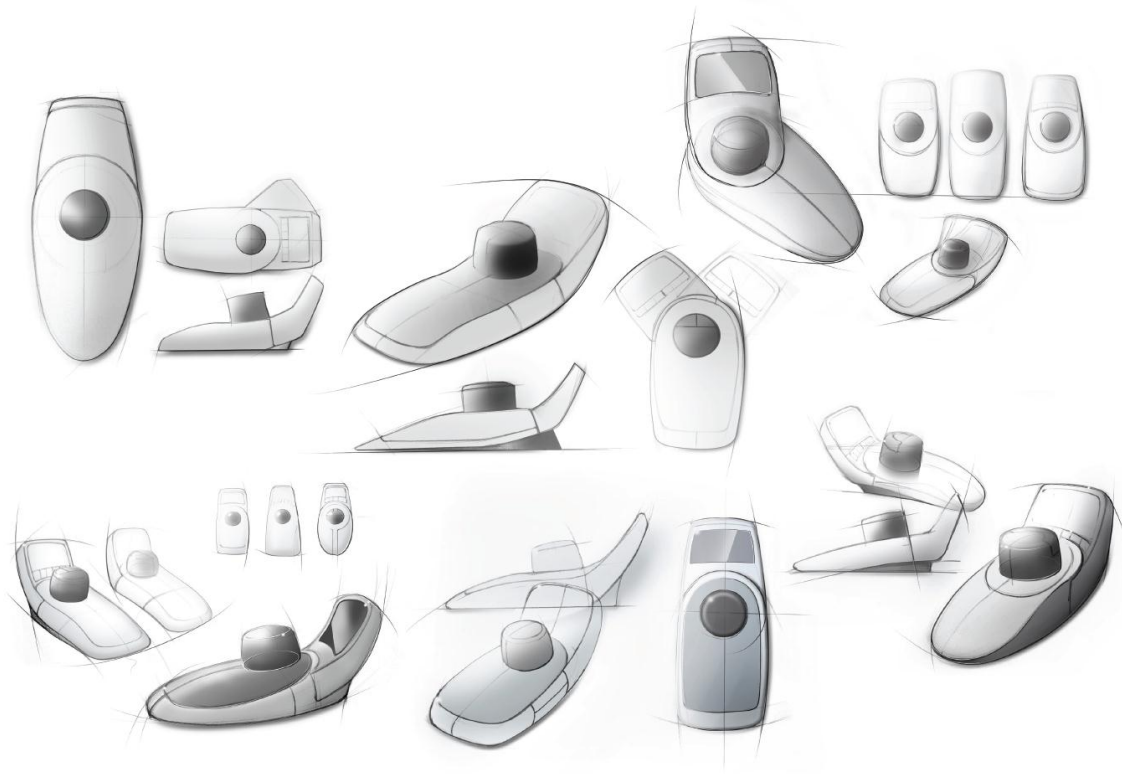


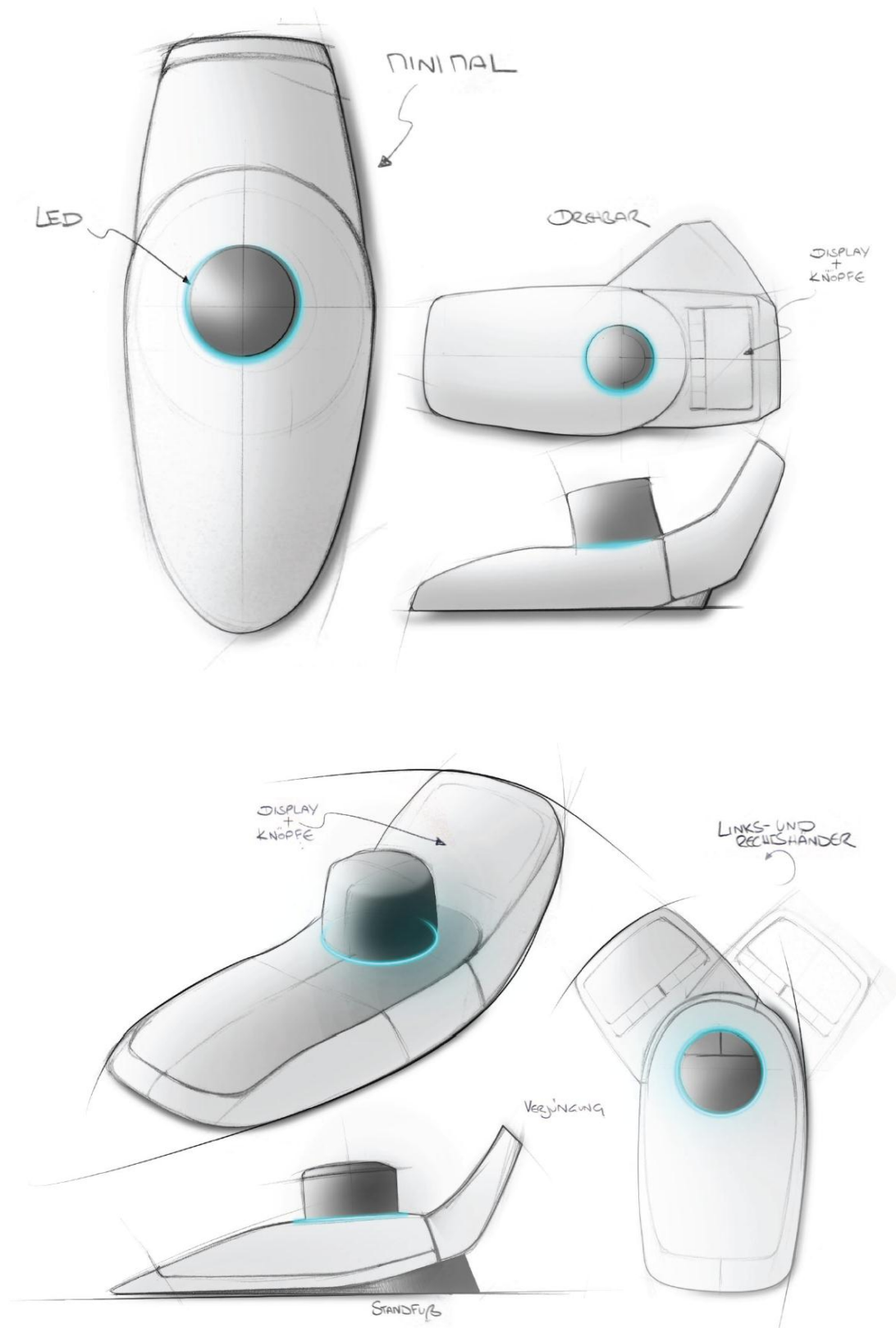
formal:

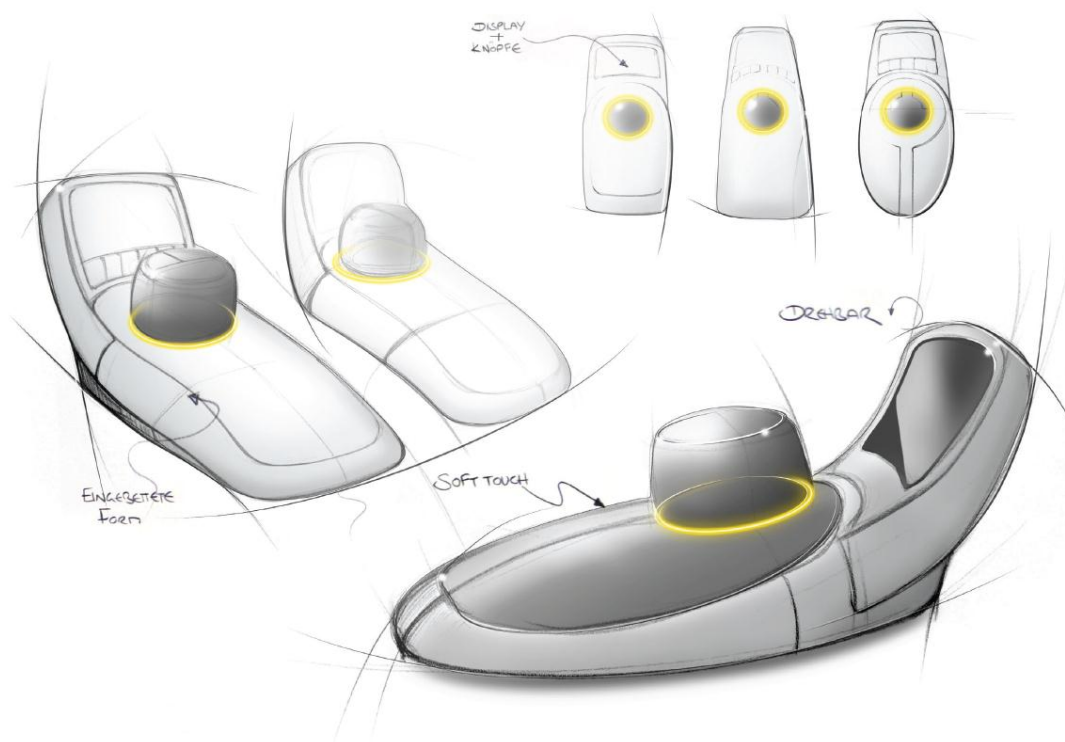
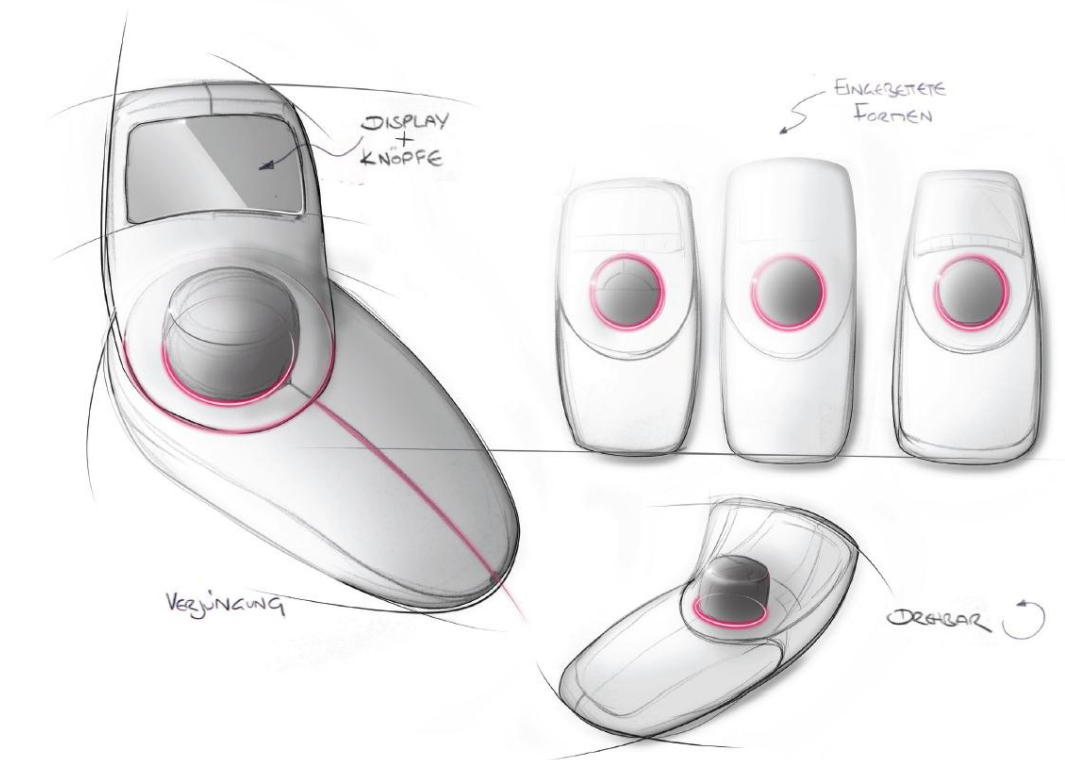
reduzierte Formgebung
aufgeräumtes Erscheinungsbild
zeitgemäßes Design

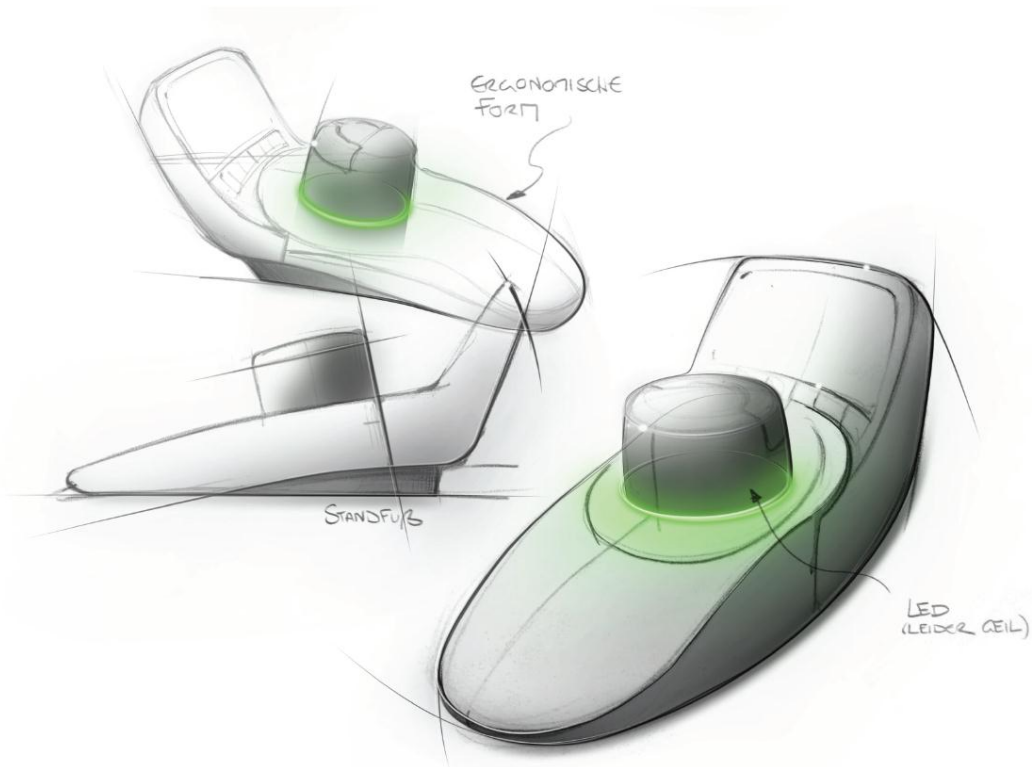


5.5.3 Design – Ideation

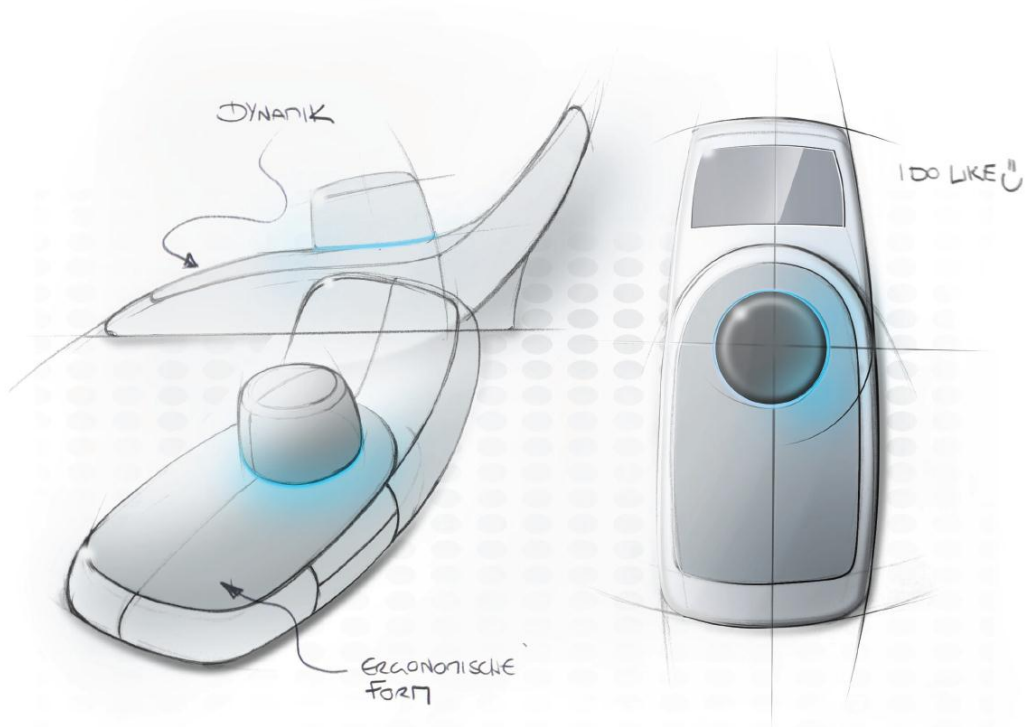








KEYSKETCH



5.5.4 Design – Konzept

in beide Richtungen drehbare Display-Einheit

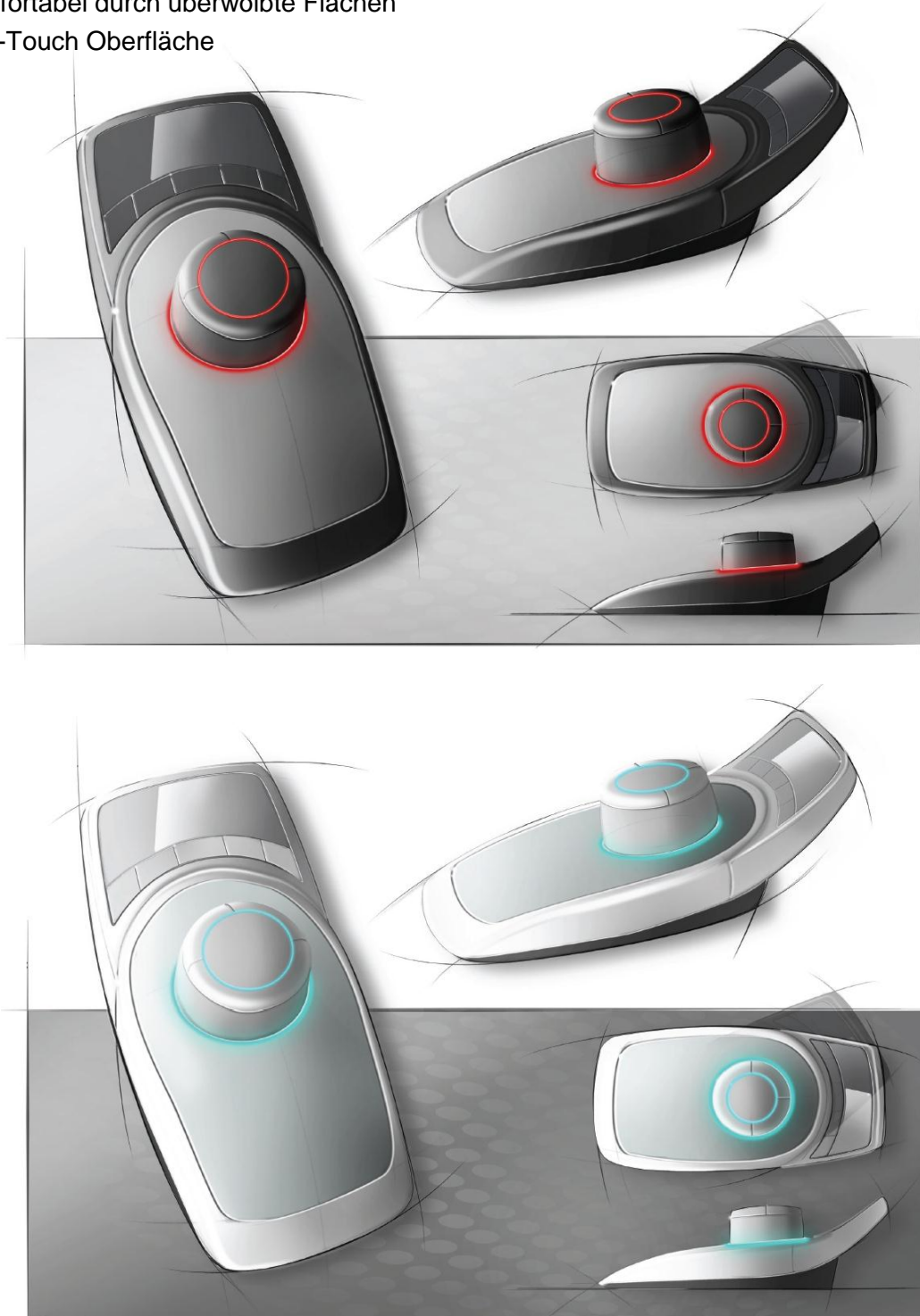
Knöpfe direkt unterm Display

weitere Bedieneinheiten im Drehknopf

reduziertes Design

komfortabel durch überwölbte Flächen

Soft-Touch Oberfläche



5.6 Patentrechtliche Abwicklung

In der im Vorfeld durchgeführten Prüfung aller mit diesem Projekt in Zusammenhang stehenden Patente der Firma 3d-Connexion GmbH wurde ersichtlich, dass durch die Patentschrift DE 101 46471 A1 mit Anmeldetag 21.09.2001 bereits ein Schutz auf ein 3D-Eingabegerät mit integriertem Touchscreen aufrecht ist.

Die im Genauen beanspruchte technische Erfindung wird durch die Ansprüche, im englischen als „Claims“ bezeichnet, angeführt. Die Ansprüche werden nach einer allgemeinen Beschreibung der Erfindung, gefolgt von sehr detaillierten Ausführungen mit Beschreibung der angefügten Abbildungen, im hinteren Bereich aufgelistet.

Die im Patent DE 101 46471 A1 angeführten Ansprüche sind nun wie folgt:⁹

1. 3D-Eingabegerät zur Erzeugung von Ansteuerdaten (108) für elektronische oder elektrische Geräte, aufweisend:
ein Bedienteil, das derart ausgebildet ist, dass es mittelbar oder unmittelbar durch wenigstens einen Finger oder eine Hand des Benutzers manipulierbar ist, eine Basisplatte, bezüglich der das Bedienteil beweglich gelagert ist, wobei die Relativbewegung zwischen Bedienteil und Basisplatte zur Erzeugung der Ansteuerdaten ausgewertet wird, und eine Anzeigevorrichtung mit einem Touchscreen, dadurch gekennzeichnet, dass der Touchscreen in die Oberseite der Basisplatte integriert ist.
2. 3D-Eingabegerät zur Erzeugung von Ansteuerdaten für elektronische oder elektrische Geräte, aufweisend:
ein Bedienteil, das derart ausgebildet ist, dass es mittelbar oder unmittelbar durch den Benutzer manuell manipulierbar ist, eine Basisplatte, bezüglich der das Bedienteil beweglich gelagert ist, wobei die Relativbewegung zwischen Bedienteil und Basisplatte zur Erzeugung der Ansteuerdaten ausgewertet wird, und eine Anzeigevorrichtung mit einem Touchscreen, dadurch gekennzeichnet, dass der Touchscreen in die Oberseite des Bedienteils integriert ist.
3. Gerät nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Touchscreen der Anzeigevorrichtung im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des Bedienteils angeordnet ist.

⁹ Patent und Markenrecht

4. 3D-Eingabegerät zur Erzeugung von Ansteuerdaten für elektronische oder elektrische Geräte, aufweisend:
ein Bedienteil, das derart ausgebildet ist, dass es mittelbar oder unmittelbar durch wenigstens einen Finger oder eine Hand des Benutzers manipulierbar ist, eine Basisplatte, bezüglich der das Bedienteil beweglich gelagert ist, wobei die Relativbewegung zwischen Bedienteil und Basisplatte zur Erzeugung der Ansteuerdaten ausgewertet wird, und eine Anzeigevorrichtung mit einem Touchscreen, dadurch gekennzeichnet, dass der Touchscreen der Anzeigevorrichtung im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des Bedienteils angeordnet ist.
5. 3D-Eingabegerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Basisplatte zur Auflage auf eine Arbeitsunterlage dient.
6. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Prozessor, der mit dem Touchscreen der Anzeigevorrichtung und dem Bedienteil funktionell gekoppelt ist, so dass mittels einer Eingabe auf dem Touchscreen der Anzeigevorrichtung Parameter des 3D-Eingabegeräts einstellbar sind.
7. Gerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass durch manuelle Eingaben über den Touchscreen der Anzeigevorrichtung die Empfindlichkeit des 3D-Eingabegeräts für Bewegungen mit bis zu drei translatorischen und/oder drei rotatorischen Freiheitsgraden einstellbar ist.
8. Gerät nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass durch manuelle Eingaben über den Touchscreen der Anzeigevorrichtung Ansprechschwellen des 3D-Eingabegeräts für translatorische und/oder rotatorische Bewegungen virtueller Objekte einstellbar sind.
9. Gerät nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass durch manuelle Eingaben über den Touchscreen der Anzeigevorrichtung die Ansprechdauer des 3D-Eingabegeräts für translatorische und/oder rotatorische Bewegungen virtueller Objekte individuell einstellbar sind.
10. Gerät nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch manuelle Eingaben über den Touchscreen der Anzeigevorrichtung eine Zuweisung von optionalen technischen Funktionen zu den Freiheitsgraden des 3D-Eingabegeräts einstellbar ist.
11. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Schnittstelle zur drahtlosen Übertragung von Ansteuerdaten zu einem elektrischen oder elektronischen Gerät aufweist.

Im europäischen Patentwesen ist es nicht gestattet, mehrere voneinander unabhängige Ansprüche in einem einzelnen Patent zu beanspruchen. Dies bedeutet, dass die relevanten Ansprüche meist zu Beginn zu finden sind. Die folgenden Ansprüche dienen meist nur zur genaueren Beschreibung, da die Hauptansprüche naturgemäß möglichst allgemein gehalten werden, damit ein größtmöglicher Schutz erwirkt werden kann.

Betrachtet man die erfinderische Höhe des Anspruches, ein Touchscreen anstatt einer Anzeige ohne Interaktion, dafür mit Funktionstasten einzusetzen, so kann man über diese durchaus geteilter Meinung sein. Der Wert eines Patentbesitzes ergibt sich aber mitunter nicht nur durch die zu schützende erfinderische Höhe, sondern auch aus dem Umstand, wie schwer dieses Schutzrecht es für einen Mitbewerber macht, sich in diesem Umfeld zu etablieren. Hätte ein Mitbewerber ein solches Schutzrecht erwirken können, so wäre es dem Inhaber des Hauptpatentes nicht gestattet, dem Mitbewerber sein eigenes Patentrecht vorzuenthalten, da dies dem Mitbewerber es nicht möglich machen würde, sein eigenes Patentrecht zu verwerten. Natürlich wäre das Überlassen des Schutzrechtes mit einem zu entrichtenden Obolus zu vergüten.

Angestrebter Patentanspruch:

Verstellbare Anzeigeelemente gibt es in vielen Bereichen seit geraumer Zeit und stellt dahingehend keine Neuerung in technischer Hinsicht dar. Das Anbringen einer solchen Anzeigeeinheit, welche verstellbar und vom Anwender für Links- und Rechtshandbedienung anpassbar ist, ist bislang nicht auffindbar und stellt somit ein mögliches Schutzrecht dar.

Mit erfolgreichem Engineering mit bestehender Außenhaut und grundlegender Technik wird eine erweiterte Beschreibung der erwarteten technischen Vorteile mit aussagekräftigen 2d-Bildern in passender Art und Weise übermittelt. Die aus dem 3d-Zeichenprogramm abgeleiteten 2d-Ansichten in Isometrie mit jeweiliger Darstellung der nach Bedienerwunsch verstellten Anzeigeeinheit werden als graphische Darstellung in dem von Adobe Systems entwickelten „*Portable Document Format*“ (PDF) für die Patentanmeldung übermittelt.

Mit dem Anmeldedatum vom 10.02.2013 beginnend wird das oben beschriebene Schutzrecht angestrebt. Die Anmeldeschrift wurde dem Österreichischen Patentamt übermittelt. Mit einer ersten Rückmeldung des Patentamtes mit dessen Recherchebericht und der Entscheidung über Patentfähigkeit wird in etwa sechs Monaten gerechnet. Es besteht aber berechtigte Hoffnung, dass über dieses Ansinnen positiv geurteilt wird und es letzten Endes zur entsprechenden Anmeldung kommen wird. Über eine mögliche Ausweitung des Schutzrechtes auf den gesamten europäischen Raum kann in späterer Folge entschieden werden.

5.7 Engineering

Für das Engineering gibt es mehrere Punkte abzuklären. Zum Ersten sind natürlich die Erkenntnisse durch die Analyse der bereits am Markt befindlichen Geräte mit einzubeziehen.

5.7.1 Gewicht

Bei der Demontage des Bestandgerätes ist aufgefallen, dass der Unterbau mittels stabilen Stahlelementen geformt wurde. Dies muss natürlich in die technischen Vorgaben mit aufgenommen werden, da Gewicht mitunter eine Komponente für einen rutschfesten Stand darstellt.

Tabelle 1: Gewichtsermittlung Bestandgeräte

Benennung	Abbildung	Gewicht
SpacePilot™ Pro		880g
SpaceMouse™ Pro		670g
SpaceNavigator™		479g
SpaceNavigator™ für Notebooks		250g

Für die zu entwickelnde Bedieneinheit wird ein Gewicht von mehr als 600g angestrebt. Die Realisierung dieses Vorhabens wird auch durch Einsatz von lasergeschnittenen Stahlelementen im Bodenbereich umgesetzt.

5.7.2 Abmessungen

Die Anzahl der männlichen oder weiblichen potentiellen Benutzer eines solchen Bediengerätes ist etwa ausgeglichen. Die durchschnittliche Größe einer weiblichen und einer männlichen Hand weicht mehr als 25mm voneinander ab. Eine wissenschaftlich fundierte Ableitung der anzustrebenden Größe für die Handauflage ist auf diesem Wege nicht möglich, deshalb wird für die Vorgabe von groben Außenabmessungen wiederum auf die Analyse der Bestandgeräte zurückgegriffen.

Tabelle 2: Hauptabmessungen Bestandsgeräte

Benennung	Abbildung	Abmessungen (LxBxH) [mm]
SpacePilot™ Pro		231x150x58
SpaceMouse™ Pro		204x142x58

Die Hauptabmessungen des neuen Bediengerätes werden letzten Endes durch das Design bestimmt. Die in „Tabelle 2: Hauptabmessungen Bestandsgeräte“ angeführten Werte geben einen Aufschluss für die zu erwartenden Abmessungen beziehungsweise bilden diese Werte eine Basis für die Designentwicklung.

Die vertikale Abmessung der Handauflage wird der analog am Markt befindlichen, als Erweiterung der bestehenden Geräte einsetzbaren Gel Pads etwa 15 – 25mm hoch gestaltet.

Für den Bereich der Handauflage ist ein eigenes Bauteil mit InMould-Decoration angedacht. Alternativ dazu könnte ein Bauteil mit Silikonauflage und Lederüberzug verbaut werden. Dies würde die Wertigkeit extrem steigern und zudem einen angenehmen Soft-Touch ergeben. Da dieser Bereich bereits als extra Element eingesetzt ist, kann diese Applikation auch zu späterer Zeit als Verbesserung und Neuauflage des Produktes eingesetzt werden beziehungsweise als Zusatzprodukt verkauft werden.

5.7.3 Bedien- und Drucktasten am Display

In Absprache mit dem Designer wurde festgelegt, dass sich vier Bedientasten unterhalb des Displays befinden sollen. Dies deshalb, da für das Display bereits eine Platine angebracht ist und die Drucktaster somit ohne größeren Aufwand mit in diese Platine integriert werden können. Zusätzlich kann im Display eine Information über die temporäre Belegung der Drucktasten als Information für die Bedienperson ausgegeben werden. Die Entscheidung zur Art der Drucktaster fiel auf eine auf Selbstrückstellung optimierte Geometrie aus Silikonmaterial. Im Inneren des Drucktasters ist ein mittels Graphitzugabe elektrisch leitend gemachter Kunststoff, welcher beim Drücken der Taste auf der Platine zum Anliegen kommt und hier eng aneinander liegende Leiterbahnen verbindet. Dieser elektrische Impuls kann in weiterer Folge als Information verarbeitet werden.



Abbildung 18: Funktionsprinzip Drucktaste

Die geometrische Ausführung der Drucktasten vermittelt dem Anwender bei Betätigung einen angenehm zu spürenden Druckpunkt. Auch ist eine selbstständige Rückstellung der Taste nach Loslassen durch den Anwender gewährleistet. Eine direkte Übernahme der hier verwendeten Geometrie ist durch die abweichende, vom Designvorschlag bevorzugte rechteckige Ausführung nicht möglich, aber in Anlehnung an dieses Prinzip wird ein vergleichbarer Druckpunkt angestrebt. Wie in *Abbildung 18: Funktionsprinzip Drucktaste* erkennbar, ist auf der Unterseite der Drucktasten ein fest verbundenes Element, welches elektrisch leitend ist und die Leiterbahnen elektrisch verbindet. Die Druckelemente selbst sind vollständig aus Silikon gebildet, die Bezeichnung nachträglich mittels Tampon Druck aufgebracht.

5.7.4 Drucktasten am Bedienknopf

Ein wesentliches Element der Verbesserung für die Handhabung von CAD-Programmen mittels 3d-Bediengerät sind direkt am Bedienknopf verfügbare Drucktasten. Der hier vertretene Ansatz ist die Tatsache, dass bei CAD-Programmen die Selektion bzw. Deselektion von Elementen meist in Verbindung von Eingabevorgängen mittels Bedienmaus und der Betätigung von bestimmten Tasten an der Tastatur, vorzugsweise der „SHIFT“-Taste und der „STRG“-Taste, vonstattengeht. Der Anwender ist somit gezwungen seinen Kontakt mit dem Bedienknopf des 3d-Eingabegerätes zu lösen und zur Tastatur zu bewegen. Alternativ sind bei den momentan am Markt befindlichen 3d-Eingabegeräten auch Tasten zur freien Belegung vorhanden. Allerdings ist hier für ein Antreffen der entsprechenden Tasten auch ein Lösen der Hand vom Bedienknopf und eine Änderung der Blickrichtung zur Eingabeeinheit notwendig.

Vergleicht man dagegen die Handhabung einer Standard-Computermaus, so stellt die Bedienung der beiden Tasten oder auch ein meist vorhandenes Scrollrad mit Druckfunktion keinerlei wie auch immer geartete Probleme dar.

Übertragen auf das hier zur Entwicklung stehende Gerät, gilt es nun analog der Computermouse eine Tastenfunktion mit entsprechender Abfrageelektronik bereits im Bedienknopf zu integrieren.



Abbildung 19: Ausführung Tasten bei Computermouse

Um eine ungewollte Positionsänderung durch Drücken der Taste am Bedienknopf und damit einhergehender Neigung des Bedienknopfes zu verhindern, wird durch Softwaresteuerung die Signalübermittlung für Positionsveränderungen unterbunden.

5.7.5 Ausrichtung der Anzeigeelemente

Als weitere Vorgabegröße für Design und Detailengineering ist noch die möglichst zu erreichende Schwenkbarkeit und Neigung zur Vertikalen der Anzeige- und Bedienelemente zu ermitteln. Ausgehend von einem Arbeitsplatz mit einem dem Durchschnitt entsprechenden Menschmodell kann durch Messung von Winkeln der sich ergebenden geometrischen Situationen eine ideale Ausrichtung vorgegeben werden.

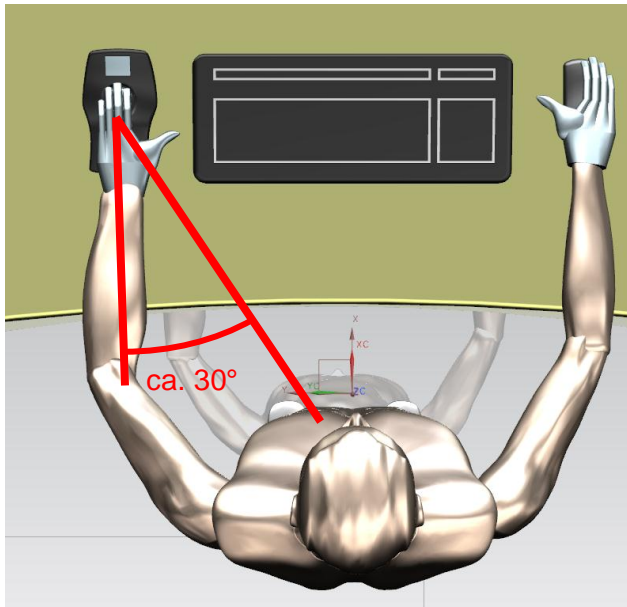


Abbildung 20: Axialwinkel Anzeigeeinheit

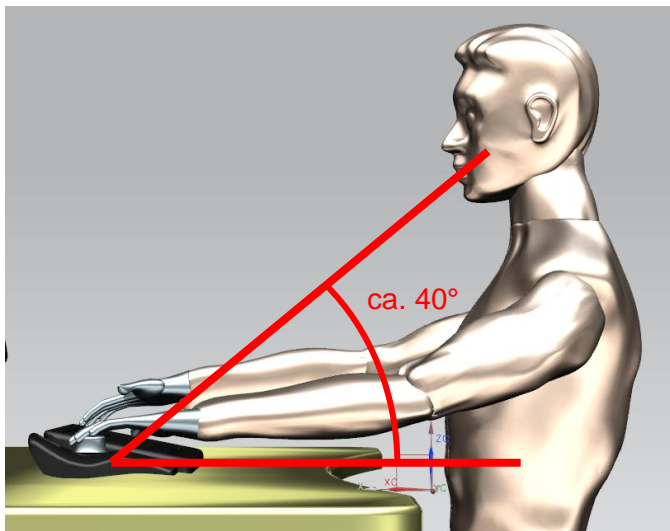


Abbildung 21: Neigungswinkel Anzeigeeinheit

Entsprechend den obigen Darstellungen werden die Vorgaben an das Produkt mit einem Schwenkbereich von $\pm 30^\circ$ bei einer Neigung zur Vertikalen von 50° festgelegt.

5.7.6 Inmould Decoration

Die Anforderung des Lastenheftes, welches vollinhaltlich in das Pflichtenheft übergegangen ist, ein Bauteil IMD-fähig zu gestalten, bedarf einiger Grundlagenerhebungen für die Gestaltungsrichtlinien solcher Bauteile.

Zunächst Grundlagen zur Dekoration von Kunststoffteilen:

Generell unterscheidet man drei Arten der Dekoration von Bauteilen. Während beim In-mold Labeling (IML) ein vorgefertigtes dünnes Element mit entsprechender Dekoration in das Werkzeug eingelegt und mit Kunststoff hinterspritzt wird, wird bei der Inmold Decoration eine Folie mittels Folien-Vorschubgerät faktisch durch das Spritzguss-Werkzeug durchgezogen. Bei der Hinterspritzung der Folie findet ein Farbübertrag der Dekoration der Folie auf das Kunststoffmaterial statt. Die verbleibende Trägerfolie wird wiederum aufgerollt.

Bei dem Insert Molding Verfahren wird die Dekoration auf eine dünne Kunststoffplatte aufgebracht, danach thermisch vorgeformt und zugeschnitten und wiederum in das Werkzeug eingelegt, wo es am fertigen Teil verbleibt.

Da beim IMD Verfahren also nur eine bedruckte Folie als Basis dient und keine weiteren Schritte wie Thermoformen und Zuschneiden notwendig sind, ist dieses Verfahren von der Preissituation am interessantesten. Einschränkungen gibt es technischer Art an der maximal verträglichen Formerhebungen des Bauteiles.

Ein solcherart dekoriertes Bauteil vermag dem Entwickler in akzeptablem Kostenrahmen eine Individualisierung von Produkten zu ermöglichen. Gleichzeitig ist durch die modernen Farbgrundelemente und der Möglichkeit die Farbstoffe mehrschichtig aufzutragen, eine Verbesserung der Oberflächenhärte und Beständigkeit verwirklichtbar.

5.7.6.1 Teilegeometrie

- Kantenradien / Dekorationstiefe:

Damit der Auszug der Folie in Eckbereichen sanft und nicht über das maximal mögliche Maß hinausgehend vonstattengeht, benötigt man am Teil einen gewissen Eckradius. Die Größe dieses Radius hängt von der Größe des Bauteiles ab, der minimale Radius liegt bei ca. 0,3mm.

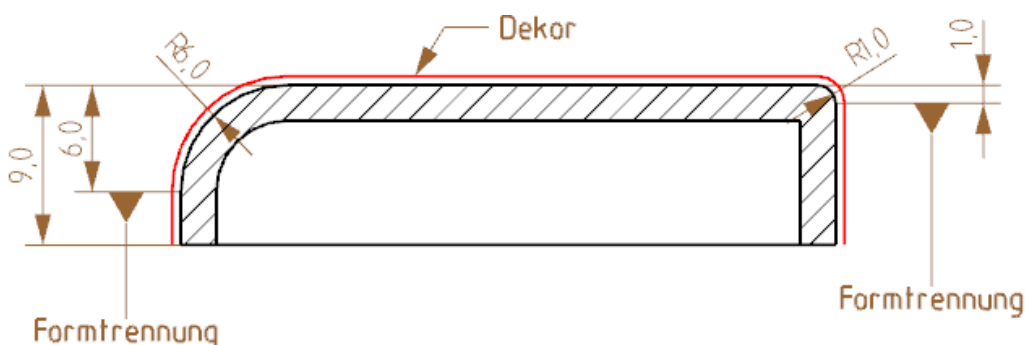
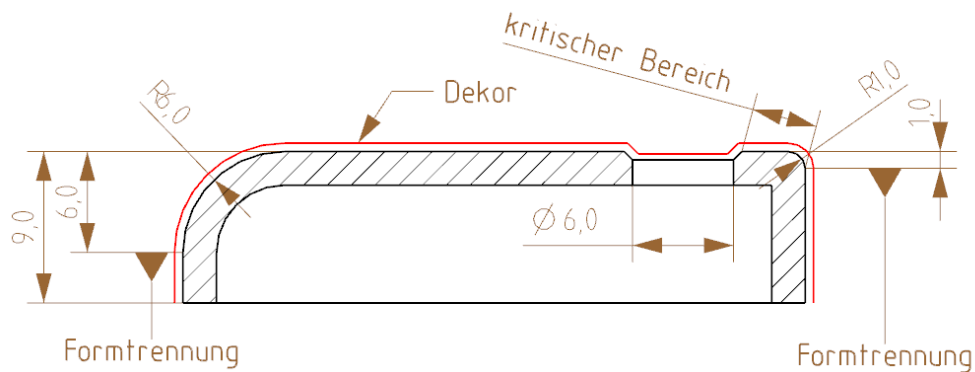
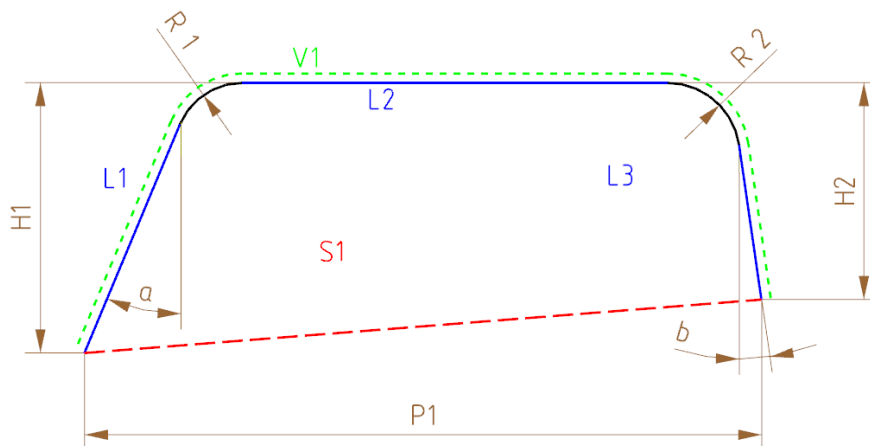


Abbildung 22: IMD Eckradien

Die Dekoration kann nur bis zum Radiusauslauf gezogen werden, da ein weiterer gerader Auszug der Folie unweigerlich in einem Versagen der Folie enden würde. Die Radiusgröße entspricht somit der maximalen Dekorationstiefe.

**Abbildung 23: IMD Dekorationstiefe**

Die maximale Streckgrenze der Folie liegt bei ca. 10% bei metallisierten Folien und bei ca. 20% bei pigmentierten Folien. Dies bedeutet, dass für jeden Radius oder entsprechend ähnlicher Formgebung ein passender flacher Bereich gegeben sein muss.

**Abbildung 24: IMD Streckbereich****Tabelle 3: Wertetabelle Streckung**

P1 [mm]	H1 [mm]	a [°]	R1 [mm]	b [°]	R2 [mm]	H2 [mm]	Streckung [%]
6,0	0,5	0	0,5	0	0,5	0,5	10
12,0	1,0	0	1,0	0	1,0	1,0	10
15,0	1,0	5,0	0,5	5,0	0,5	1,0	10
32,0	2,0	5,0	0,5	5,0	0,5	2,0	10
76,0	5,0	10,0	1,0	10,0	1,0	5,0	10

P1 entspricht der Folienlänge bevor das Spritzguss Werkzeug schließt.

S1 beschreibt die Länge der Folie über die Trennebene eingespannt, noch vor dem Hinterspritzen.

Die blauen und schwarzen Linien zeigen die Kontur vom Teil und damit die Gesamtlänge V1, auf die die Folie während des Einspritzprozesses gestreckt wird.

Das Verhältnis von V1:S1 sollte nicht größer als 1,1 bei metallisierter Folie und 1,2 bei pigmentierter Folie sein. Die *Abbildung 24: IMD Streckbereich* beschreibt auch die Möglichkeit die Dekorationstiefe mittels Bauteilschräge in Verbindung mit einem kleineren Radius mit vergleichbarer Folienstreckung wie mit einem einzelnen großen Radius zu realisieren.

➤ Eckradien:

Die Eckradien des Bauteiles müssen zumindest denselben Radius wie die Kanten aufweisen:

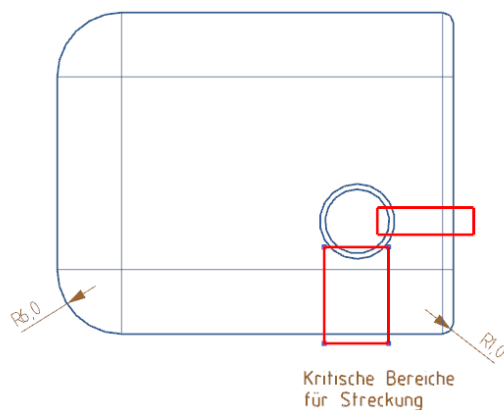


Abbildung 25: IMD Eckradien

➤ Abschrägungen:

Ist es notwendig die Eckradien zu verringern, so kann mithilfe von Abschrägungen und kleinerem Kantenradius dieselbe Dekorationstiefe wie mit einem großen Kantenradius erreicht werden.

Nachfolgende Tabelle beschreibt in Verbindung mit *Abbildung 24: IMD Streckbereich* Kombinationen von Abschrägungen und Radien, welche eine gleiche Streckung bei gleicher Dekorationstiefe aufweisen.

Tabelle 4: Kombinationsmöglichkeiten Radius/Abschrägung

P1 [mm]	H1 [mm]	a [°]	R1 [mm]	b [°]	R2 [mm]	H2 [mm]	Streckung [%]
60,0	5,0	0	0	0	0	5,0	10
60,0	5,0	23	23,0	23	23,0	5,0	10
60,0	5,0	29	29,0	29	29,0	5,0	10
60,0	5,0	30	30,0	30	30,0	5,0	10

➤ Durchbrüche und Löcher:

Die bislang angeführten Regeln tauchen auch bei Durchbrüchen in äquivalenter Form auf. Löcher sollten einen minimalen Durchmesser von mindestens 0,8mm aufweisen, hauptsächlich durch die Möglichkeit der Entfernung von Folienflocken begrenzt.

Auch ist die Eintauchtiefe von Eindrückungen mit der Tiefe des Radius oder der maximalen Streckgrenze der Folie begrenzt. Durchbrüche sollten somit möglichst von der Kernseite eingeformt werden.

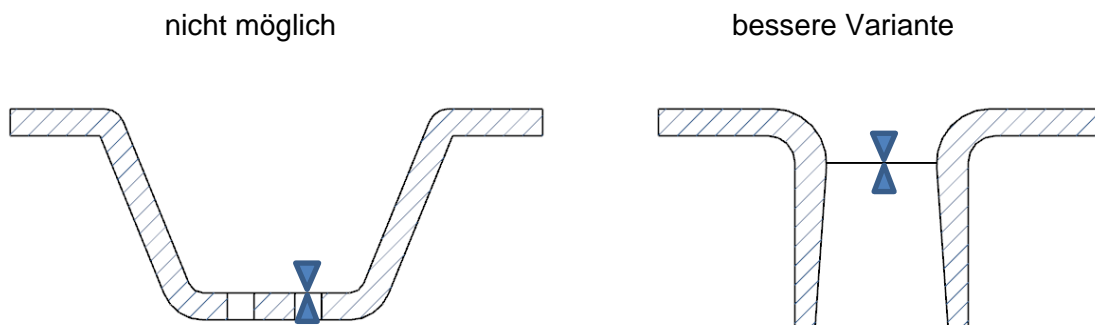


Abbildung 27: Einformung von Eindrückungen / Durchbrüchen

➤ Nutausbildung:

Ähnlich wie bei Durchbrüchen und Eindrückungen kann auch die Tiefe von Nuten maximal der der Kantenradien entsprechen. Eine Nut benötigt Kantenradien am oberen Ende sowie Bodenradien, die entweder vertikal oder mit einer schrägen Fläche verbunden sind. Die kleinstmöglichen Radien am Nutgrund sind 0,3 mm. Dies in Verbindung mit äquivalenten Topradien ergeben eine totale Breite und Tiefe der Nut von 0,6mm.

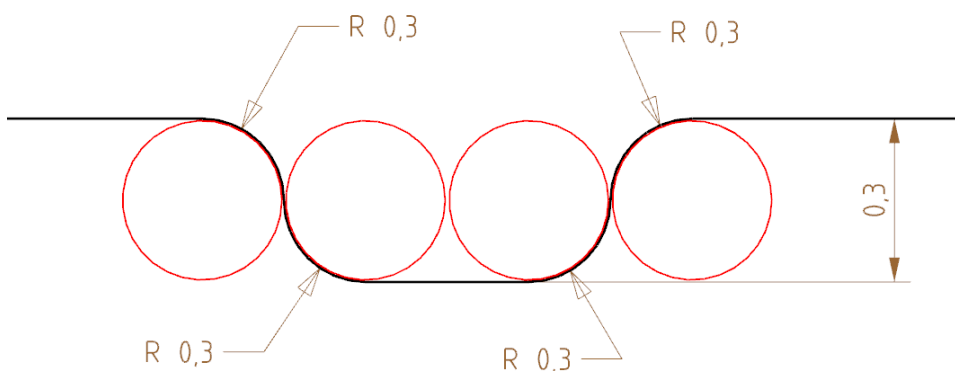


Abbildung 28: IMD Nutausbildung

➤ Streckung zwischen Durchbrüchen:

Da die Streckung der Folie begrenzt ist, kann zwischen einzelnen Fixierungen nur eine begrenzte Formgebung dekoriert werden. Je größer die Distanz zwischen zwei Punkten an denen die Folie fixiert ist, desto mehr gestreckte Folienlänge ist verfügbar.

Durchbrüche nahe am Teilerand wie bei *Abbildung 25: IMD Eckradien* dargestellt, resultieren in einen hohen Streckbereich und die maximale Dekorationstiefe ist stark eingeschränkt.

➤ Haken, Stufen oder Hinterschnitte:

Um ein gleichmäßiges Spannen der Trägerfolie der Dekoration in der Trennebene zu gewährleisten, ist es nicht möglich Schrägschieber oder Standardschieber im Außenbereich zu setzen. Hydraulische Schieber wären möglich, sind aber entsprechend aufwändig.

Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, ist die Einförmung einer solchen Stufe sehr aufwändig.

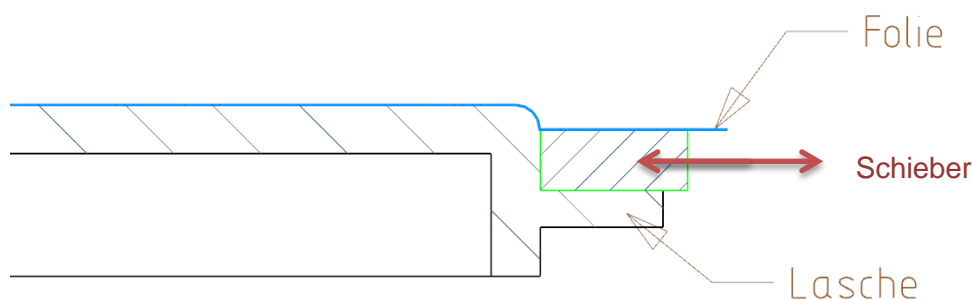


Abbildung 29: IMD Einförmung Stufe

So es die Umgebungsgeometrie zulässt, sollte die Stufe bis zur Trennebene hochgezogen und mit dekoriert werden.

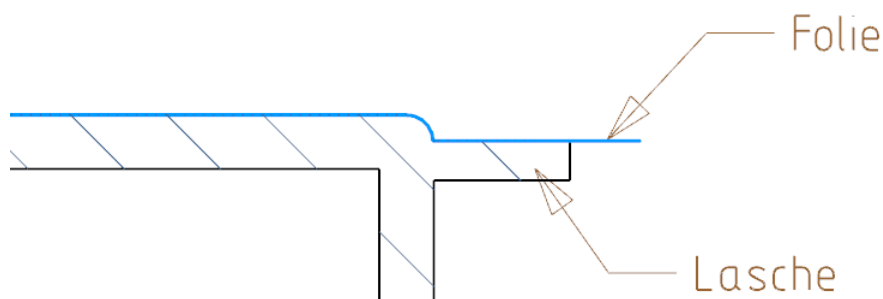


Abbildung 30: IMD Einförmung Lasche

5.7.6.2 Generelle Gestaltungshinweise

➤ Kunststoffmaterialien:

Die Anzahl der für IMD verwendbaren Kunststoffarten ist sehr hoch. Die am weitest verbreiteten Kunststoffarten für deckende Teile sind ABS, APS/PC oder PMMA (vulgo: Plexiglas).

ABS als Grundwerkstoff birgt im Allgemeinen am wenigsten Fehlerpotential und kann immer verwendet werden. Der geringe Schwund, die Formstabilität und die sehr gute Haftung von Dekorationsauftrag am Werkstoff machen es bevorzugt einsetzbar.

Transparente Bauteile können mit den Kunststoffmaterialien ABS oder PMMA gefertigt werden, wobei PMMA eine höhere Transparenz bei gleichzeitiger höherer Oberflächenhärte und geringerer Kratzempfindlichkeit besitzt.

Gängige PMMA Werkstoffe der Firma Röhm-Degussa sind:

- 7N und 8N haben die höchste Transparenz
- ZK5BR und ZK6BR besitzen verbesserte Schlagzähigkeit
- ZK5HF und ZK6HF besitzen ähnliche Schlagzähigkeit wie die BR Typen mit gleichzeitig verbessertem Schmelzflussindex.

Leider führen die Zusätze für die BR und HF Typen manchmal auf Grund von inneren Spannungen zu einer optischen Anisotropie, speziell bei polarisiertem Licht. Solche Erscheinungen können meist durch qualitativ hochwertige Angussysteme mit geringerem Spritzdruck oder durch geeignete Teilegeometrie, welche ein Auftreten von Spannungsspitzen während des Füllvorganges unterbindet, vermieden werden.

Polycarbonate (PC) können auch verwendet werden. Leider führen die benötigten hohen Schmelztemperaturen und der niedrige Schmelzflussindex häufig zu Auswaschungen der Folie im Angussbereich.

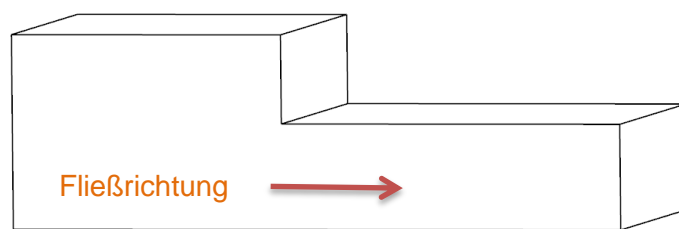
➤ Wandstärken:

Die richtige Wahl der Wandstärken wird bestimmt durch Festigkeit, Materialkosten und Kühlzeit. Generell ist man bestrebt, die Wandstärken auf ein unteres Maß zu reduzieren, Grenzen sind aber durch das Füllverhalten mit dem Risiko des Einfrierens der Schmelze gegeben. Mangelnder Nachdruck durch Einfrieren der Seele führt zu Einfallstellen, dünne Übergangsquerschnitte hingegen resultieren in hohe Geschwindigkeiten des Schmelzflusses, was wiederum zu Auswaschungen der Folie führen kann.

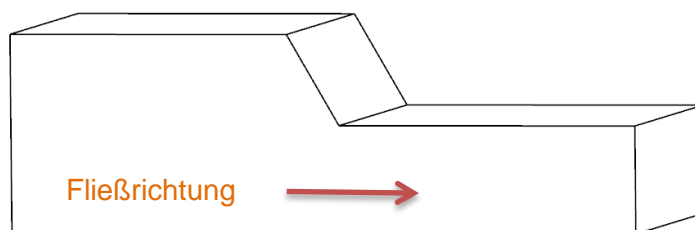
Als Richtwert kann ein Verhältnis von einer generellen Wandstärke und dem maximalen Weg der Schmelze von 1:50 angenommen werden. Dies würde bedeuten, dass bei einem maximalen Abstand des entferntesten Punktes vom Anguss von ca. 50 mm eine Wandstärke von 1 mm ausreichend sein kann, bei 75 mm Abstand eine Wandstärke von 1,5 mm und so weiter. Bei IMD empfiehlt es sich allerdings etwas unterhalb dieser Richtwerte zu bleiben, da dies für die Folie sehr belastend ist.

Allgemein problematisch wird es, wenn die Schmelze nicht gleichförmig fließt oder auf Grund von Durchbrüchen eine Bindenaht-Linie entsteht. Solche Zusammenflüsse werden idealerweise durch die Folie verdeckt, aber leicht kann es hier zu Faltenbildung oder ähnlich gearteten Fehlstellen kommen.

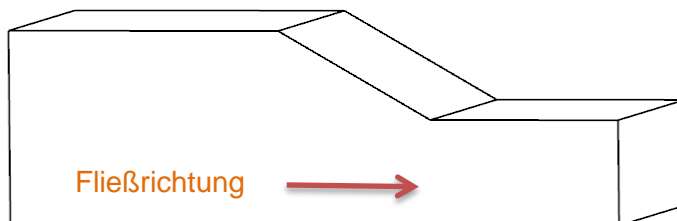
Ist ein Durchbruch unvermeidbar, so sollte der Anspritzpunkt so gewählt werden, dass der Zusammenfluss möglichst im weniger sichtbaren Bereich ist. Bei Wandstärkenänderungen ist darauf zu achten, dass der Übergang sanft gestaltet wird, um Verwirbelungen zu vermeiden. Das Anbinden des Bauteiles mittels Freistrahls sollte generell vermieden werden.



Kantiger Übergang – nicht empfohlen



Fase – besserer Übergang



Sanfter Übergang – empfohlen

Abbildung 31: IMD Wandstärkenverlauf

➤ Einfallstellen:

Grundsätzlich neigen alle Kunststoffbauteile je nach Materialauswahl mehr oder weniger zu Einfallstellen. Verstärkt wird dieser Effekt an Stellen, an welchen an der Gegenseite Rippen oder Wandstärkenveränderungen sind. Hochglänzende Oberflächen, wie sie auch bei IMD zu erwarten sind, bringen diese Fehlstellen optisch noch stärker hervor. Wenn eine Teilegeometrie ohne derartige Veränderungen der Materialansammlungen nicht möglich ist, sind gewisse Richtlinien einzuhalten.

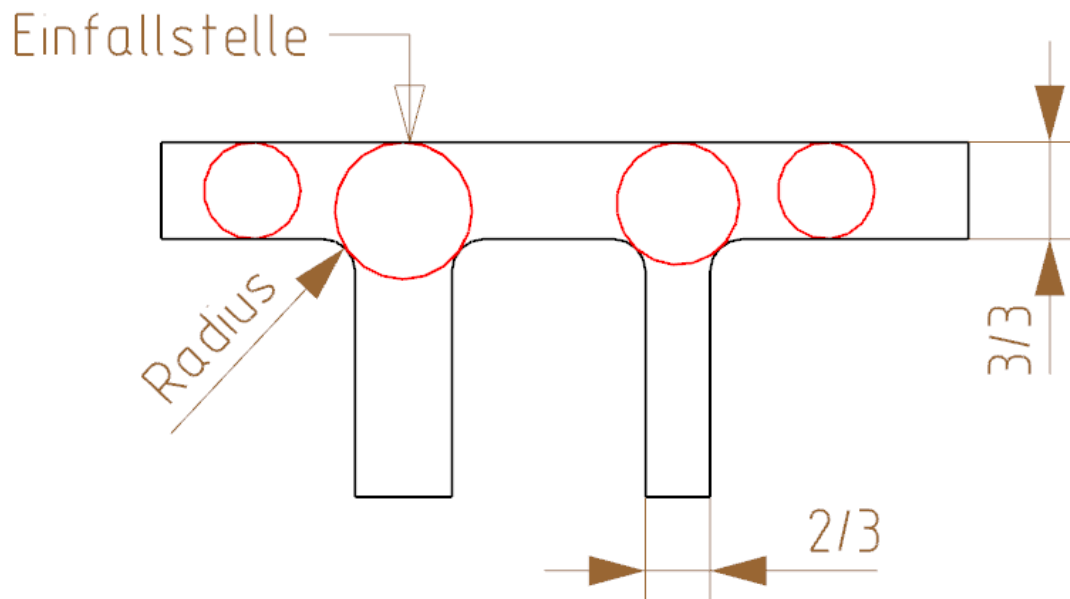


Abbildung 32: Gestaltung von Rippen

Die Dimension der Rippe hat Einfluss auf die zu erwartende Größe der Einfallstelle. Die Kreise in den Wandstärken symbolisieren die Materialanhäufung. Grundsätzlich gilt, je geringer die unterschiedlichen Materialansammlungen sind, desto gleichmäßiger ist die zu erwartende Oberfläche. Eine bekannte Konstruktionsrichtlinie beschreibt, dass die Rippe maximal $\frac{2}{3}$ der Wandstärke des Teiles aufweisen soll.

Bei schwierigen geometrischen Bedingungen kann durch gezielte Kühlung an der Gegenseite der Materialanhäufung Einfluss auf Größe und Ausprägung der Einfallstellen genommen werden.

5.7.6.3 Richtlinien Werkzeugauslegung

- Anzahl der Kavitäten:

Die Gesamtanzahl der Kavitäten in einem Spritzgusswerkzeug ist prinzipiell durch die Geometrie der Bauteile als auch durch die verfügbaren Folienbreiten sowie der wiederholgenauen Positionierung der Folie im Werkzeug limitiert. Generell sind bis zu vier Kavitäten möglich, aber auf Grund von Komplexität oder zu erwartender Stückzahl sind meist Werkzeuge mit zwei oder gar nur einer Kavität am häufigsten verbreitet.

- Anspritzposition:

Grundsätzlich ist jede Variante der Teileanbindung möglich, dennoch sollte auf einige Punkte Rücksicht genommen werden:

- Anspritzpunkt und Auswerferpaket sind normalerweise beide auf der Kernseite, während die Folie auf der beweglichen Seite ist.
- Bei PMMA-Werkstoffen ist ein Tunnel- oder Cashewanguss auf Grund von möglichen Verwirbelungen im transparenten Bereich schwierig.
- PC bedarf eines großen Angussquerschnittes, um die Gefahr des Auswaschens der Folie zu vermindern.
- Die Anbindung sollte generell nicht an dünnwandigen Wandquerschnitten positioniert werden, da dies meist zu inneren Spannungen oder zu Einfallstellen mangels möglichen Nachdruckes führen kann.
- Eine Anbindung über eine Behelfsrippe oder einen Anspritzdom verringert die Fließgeschwindigkeit der Schmelze und kann zusätzlich mögliche Auswaschungen der Folie vermeiden helfen.

Bevorzugte Ausführungen der Anbindung bei IMD-Verfahren:

- Direkte Anbindung des Teiles mittels Nadelverschlussdüse ist die bevorzugte Variante. Da diese Lösung aber auch die kostenintensivste ist, wird sie nur bei hochwertigen Teilen eingesetzt.
- Direkte Anbindung des Teiles mittels Heißkanaldüse und offenem Anguss wird verstärkt bei ABS eingesetzt.
- Bei kleineren Teilen aus PC oder PMMA wird bevorzugt eine Heißkanaldüse zur Trennung mit Kaltkanalverteiler und Filmanguss verwendet.
- Heißkanaldüse mit Kaltkanalverteiler und Tunnel- oder Cashewanguss kann bei ABS und ABS/PC Blends eingesetzt werden.
- Seltener wird ein 3-Platten Werkzeug mit Angussdüse und Kaltkanalverteiler in der Zwischenebene mit Tunnelanbindung direkt auf das Teil eingesetzt.

5.8 Detailengineering

Mit Abschluss und Abnahme des Design Prozesses, einer positiven Abhandlung der Patentangelegenheiten und einer durchgängigen Abklärung der technischen Gegebenheiten kann nun das Detailengineering eingeleitet werden. Ergebnisse dieses Prozesses sind fertigungsgerecht ausgeführte Einzelteile mit schlüssigen Assemblierungsvorgaben in entsprechender dreidimensionaler Ausführung mit assoziativ angeschlossener 2d-Ableitung mit Systemmaßen.

6 Beschreibung Konstruktion

Nachfolgend werden die konstruktive Lösung im Allgemeinen und die einzelnen Bauteile im Speziellen abgehandelt.

Den Bauteilen werden je nach dem vorgesehenen Einsatzzweck bestimmte Materialien zugeordnet und eine bestimmte Art und Weise der Herstellung vorgeschlagen. Kunststoffteile werden über deren Komplexität zur Ausführung der entsprechenden Werkzeuge beschrieben und weiterführend wird auf spezielle Gegebenheiten hingewiesen. Eventuell eingesetzte Metallteile werden als 2d-Austauschformat zur Verfügung gestellt, um das Übertragen der Kontur hin zu Fertigungsmaschinen mit Linienverfolgungsprogrammen zu ermöglichen. Dekorierte Einzelteile werden hinsichtlich der in dem Grobengineering festgehaltenen Richtlinien und Vorgaben zur IMD Beschichtung überprüft.

6.1 Konstruktiver Aufbau der 3d-Bedieneinheit

Ausgehend von der während des Designprozesses festgelegten favorisierten Variante als Basis wurden die groben Abmessungen als Skizzenelemente in das CAD-Programm übertragen.

Das Verwenden von Skizzenelementen hat allgemein den Vorteil, dass Geometrieänderungen sehr leicht vonstattengehen können, somit konnte durch gezielte Steuerung mittels Bemaßung der Kurven eine proportionsidentische Grundfläche aufgespannt werden. Durch Extrusion der Ausgangskurven mit gleichzeitig erzeugter Formschräge wurde bereits auf die Fertigung der Bauteile Rücksicht genommen.

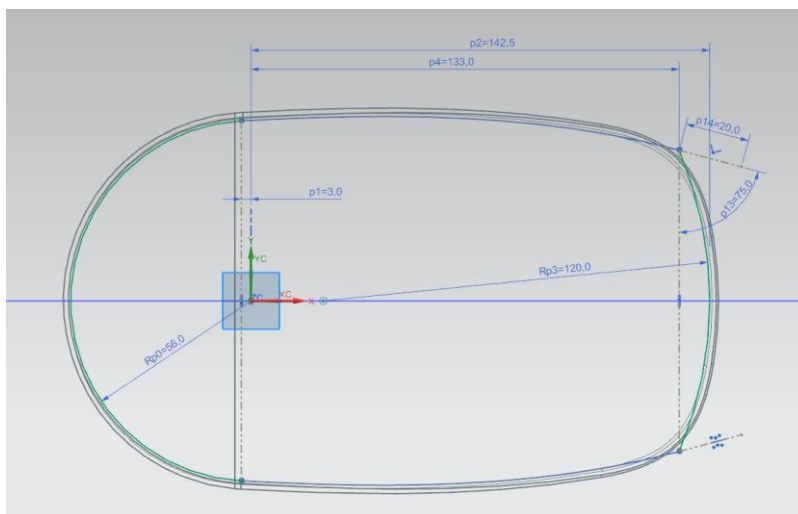


Abbildung 33: Skizzendarstellung Grundfläche

Die von der Extrusion automatisch generierte Abschlussfläche ist naturgemäß eben. Seit NX6 wird allerdings der Solid-Körper als ein geschlossener Verbund von Oberflächen angesehen. Somit ist es möglich, einzelne Oberflächen eines Solid-Körpers mit Flächen-Modifikationsbefehlen zu verändern, ohne dabei die Eigenschaften eines Festkörpers zu verlieren.

Mit Hilfe des X-Form Befehles kann auf einzelne Flächen zugegriffen werden, die U- und V-Linien der Fläche erhöht und durch gezieltes Ziehen von Flächenpolen eine gewünschte Wölbung erzeugt werden.

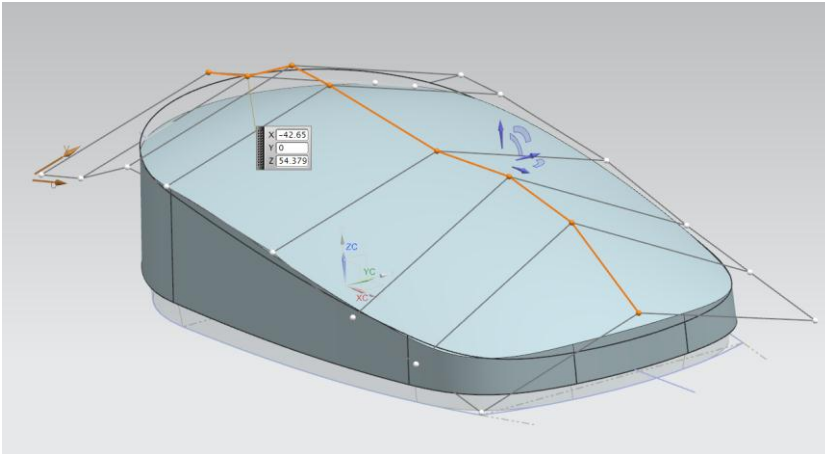


Abbildung 34: Oberflächenbearbeitung mit X-Form Befehl

Eine spezielle Selektionsmöglichkeit des X-Form Befehles ermöglicht auch symmetrisches Bearbeiten von gegenüber liegenden Oberflächen. Somit ist die gleiche Veränderung beidseitig erstellbar. Die hier erkennbare konkave Ausprägung der Griffposition ist zwar werkzeugtechnisch schwieriger herstellbar, aber das dadurch entstehende bessere Handling überwiegt die vorher genannten Nachteile.

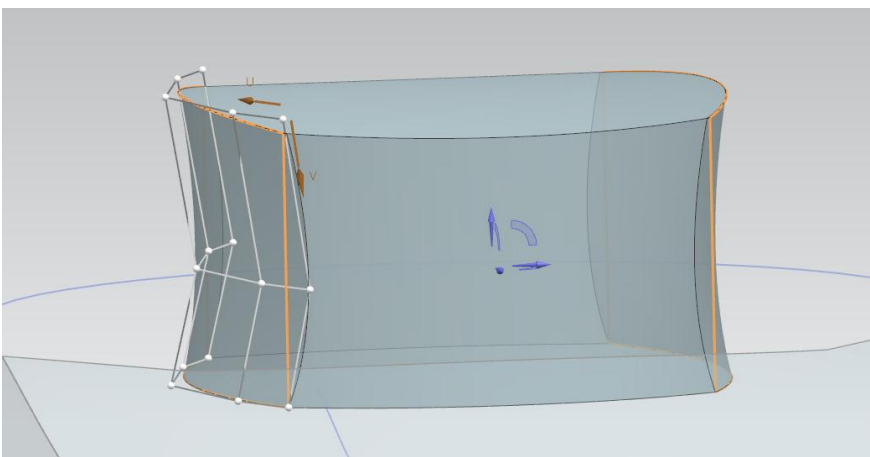


Abbildung 35: Symmetrische Bearbeitung von Oberflächen

Die Abrundung der Kanten ist aus designtechnischen Gründen nicht mit einfachen Radien zu verwirklichen. Ein Radius hat eine gleichmäßige Krümmung über den gesamten Verlauf. Da die Krümmung der Anschlussflächen allerdings nicht den gleichen Wert aufweist, kommt es zur Entstehung einer Lichtkante. Um dies zu vermeiden werden krümmungsstetige Radien eingesetzt. Die Eigenheit dieser Krümmungsstetigkeit liegt darin, dass sich der Anfang und das Ende des Radiusverlaufes an der Krümmung der Anschlussflächen orientieren und im zentralen Punkt des Radius eine stärkere Krümmung auftritt.

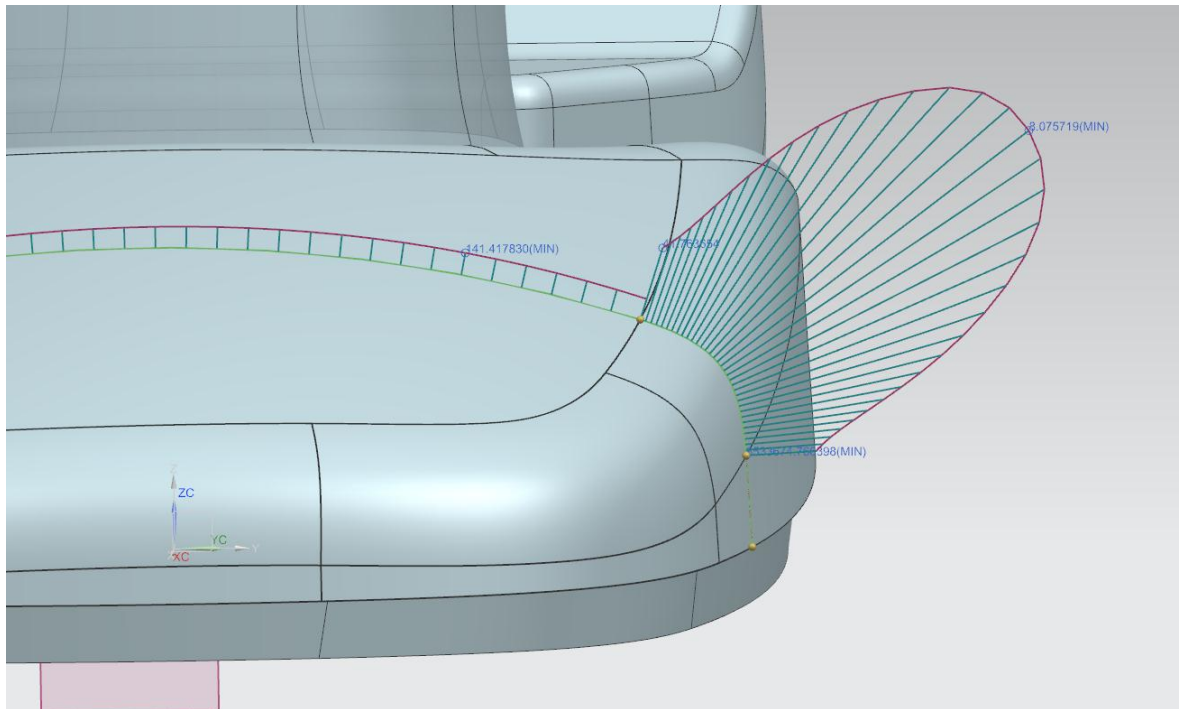


Abbildung 36: Kurvenanalyse einer krümmungsstetigen Verrundung

In der obigen Darstellung wird mithilfe von Analysetools die Krümmung einer durch einen beliebigen Bereich erstellte Schnittlinie durch Kammlinien dargestellt. Die Längen der Linien sind gleichbedeutend mit der Stärke der Krümmung. Sehr gut erkennbar ist die annähernd gleiche Länge der Linien zu Beginn der Abrundung. Die Krümmung wird über den Verlauf immer stärker und geht dann wieder zurück. Durch die logarithmische Berechnungsmethode der Linienlänge ist die Darstellung der Krümmung etwas angepasst, um über den gesamten Verlauf eine Aussage zu erhalten.

Hilfreich ist es hierzu, die einzelnen minimalen und maximalen Werte mit anzeigen zu lassen, um die Werte der Krümmung genauer abschätzen zu können.

Die Güte der Oberfläche kann bei fertiger Form noch durch eine Reflexionsanalyse überprüft werden. Hierbei werden Linienzüge an der Oberfläche berechnet, die eine Reflexion von entsprechenden Lichtinformationen wiedergeben sollen. Es gilt dabei die Gesetzmäßigkeit, dass sich an Flächenkanten treffende Linien einen tangentialen Übergang bedeuten.



Abbildung 37: Reflexionsanalyse tangentialer Übergang

Für die freigegebene Entwurfskonstruktion wurden entsprechende krümmungsstetige Übergänge eingebracht.



Abbildung 38: Reflexionsanalyse krümmungsstetiger Übergang

Der Aufbau der Daten wurde derart gestaltet, dass die gesamte das Bediengerät beschreibende Geometrie in einem „Multisolid Part File“ aufgebaut wurde. Dies ermöglicht das schnelle Zugreifen auf Detailänderungen, die später bei einzelnen Komponenten bauteilübergreifend wären. Auch erleichtert dies die assoziative Konstruktion, die auf Grund von Skizzenelementen und nachvollziehbaren und veränderbaren Features leichter umzusetzen ist.

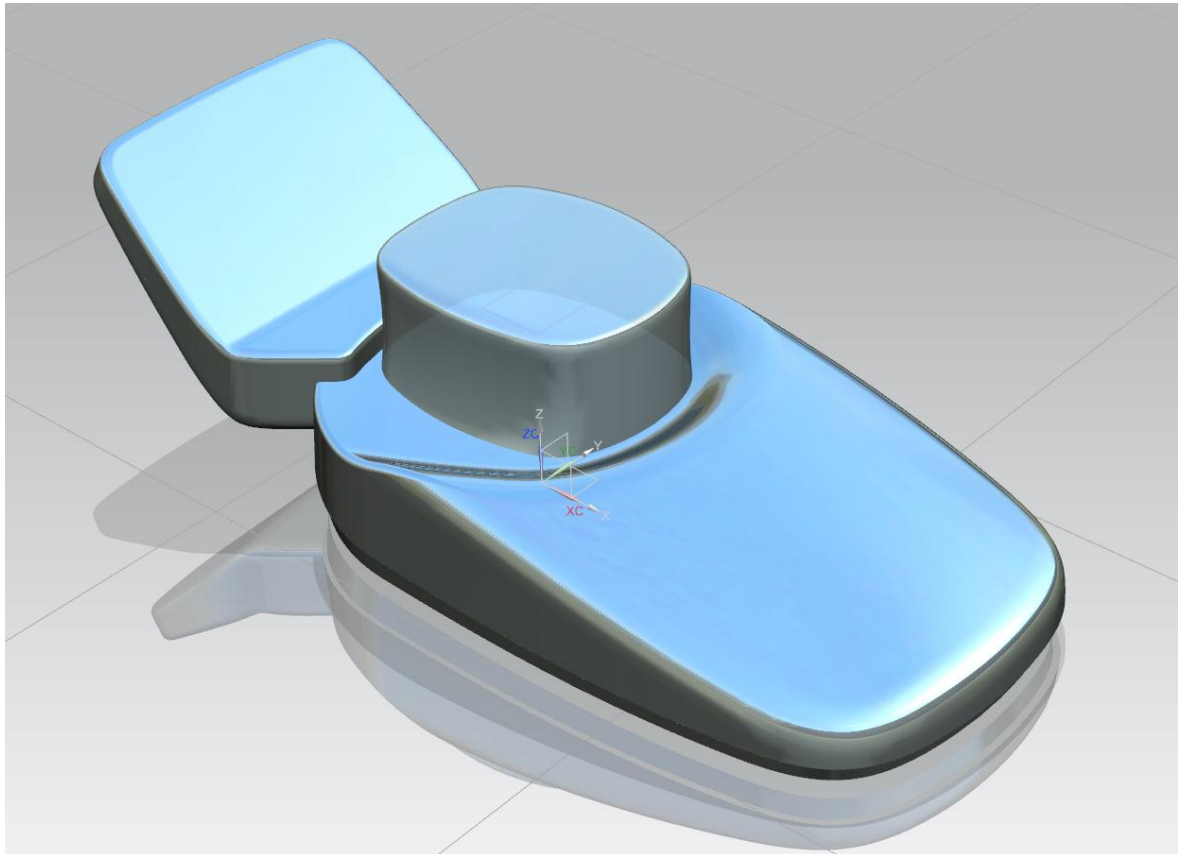


Abbildung 39: Oberflächenmodell CAD

Da diese Art der Konstruktion für den Aufbau von Modellen schneller ist, aber keine einzeln beschriebene Bauteile enthält, ist auch keine Ableitung der Stückliste verfügbar. Ein Zerlegen der Konstruktion ist als weiterer Schritt unabdingbar.

Hierfür könnte die Konstruktion anhand der gewonnenen Daten erneut aufgebaut werden. NX allerdings bietet die Möglichkeit, ausgehend von einem „Basis Part File“, die zu verwendenden Informationen auf einzelne Files aufzuteilen. Man verwendet im NX den Begriff des „Verlinkens“.

Der Vorteil des Verlinkens ist, dass Arbeit eingespart werden kann und weiterhin der Vorteil der leichten Veränderbarkeit der Ausgangsgeometrie vorhanden ist.

Ausgehend von einem Part File „Datenmodell“ wird die Information auf einzelne Komponenten aufgeteilt. Wichtig dabei ist, dass dieser Informationsfluss nicht bidirektional gestaltet wird, da gegenseitige zirkulare Abhängigkeit kein Ergebnis liefern kann.

Nachstehende Abbildung beschreibt den Weg des Informationsflusses. Außerdem wird aufgezeigt, ob alle definierten Verlinkungen noch existent und aktuell sind.

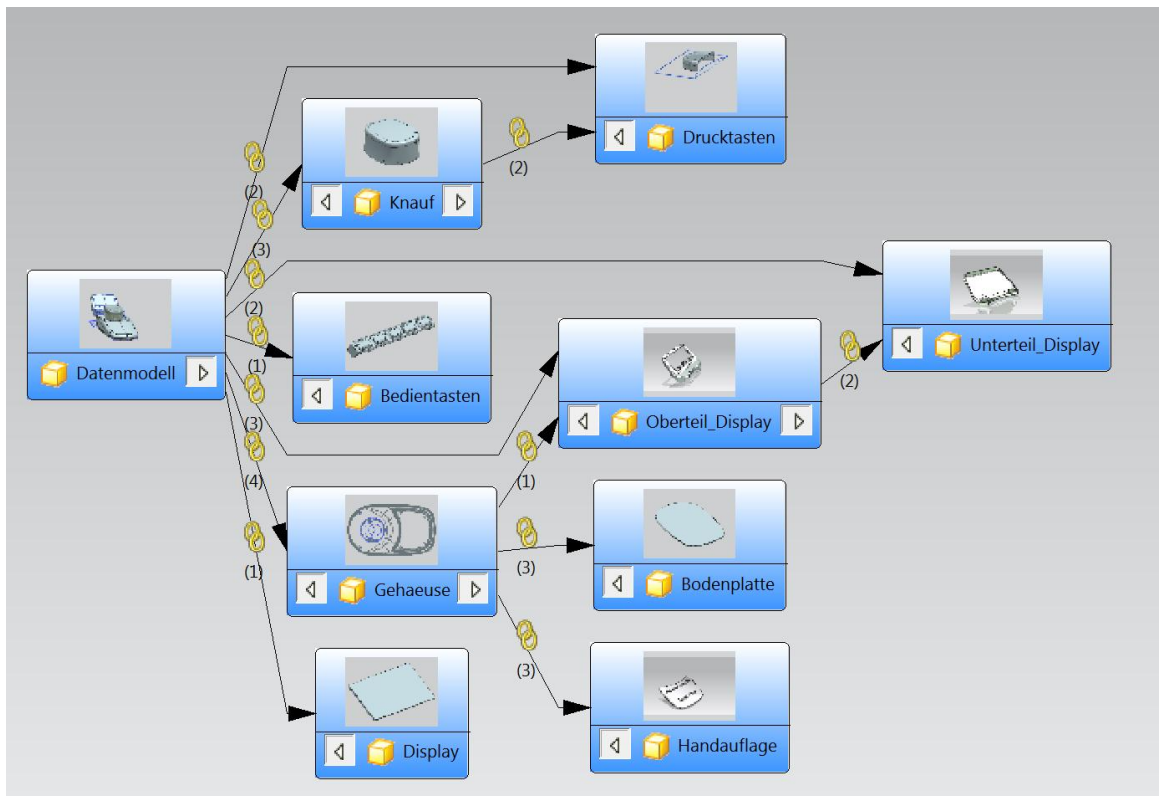


Abbildung 40: Darstellung Informationsfluss

Durch weitere Bearbeitung der verteilten Daten können nun die Einzelheiten der Bauteile direkt in den einzelnen Bauteilen eingebracht werden. Dazu gehören neben weiteren formgebenden Einzelheiten natürlich in erster Linie die Trennungen und Überschneidungen zwischen den einzelnen Bauteilen, sowie deren Montage zueinander.

Sind einzelne bauteilübergreifende Informationen notwendig, wie zum Beispiel die Lage und Dimension der Anzeigeeinheit oder die eingesetzte Applikation für die Handauflage, so kann die Information wiederum im Datenmodell hinterlegt und in die zusammengehörigen Bauteilen verlinkt werden. Informationen dieser Art können am komfortabelsten in Skizzen hinterlegt werden.

Ist ein Bauteil einzig von einem zweiten abhängig und hat Schnittstellen zu eben nur diesem, so kann auch Information von dem bestimmenden Bauteil direkt weitergegeben werden.

6.2 Technische Detaillösungen

Als zentrales Bedienelement gilt der Bedienknopf. Wie bereits im Vorfeld erwähnt, ist die technische Umsetzung der Steuerbewegung der Bedienperson patentrechtlich umfassend geschützt, sodass der Aufbau um ein bereits als existent anzusehendes Technikpaket geplant wurde.

Dieses in sich abgeschlossene Technikpaket (9) ist in Größe und Art der Befestigung vorgegeben. Montiert wird es, indem die untere Platine über den Umfang und einer kleinen Kreisringfläche anliegend verklebt wird. Das sich aus dieser Art der Montage ergebende umgekehrte System beinhaltet den Vorteil, dass Ausschlag-Bewegungen des Steuerknopfes (8) mechanisch begrenzt werden können und es zu keiner Überdehnung der die Einheit stützenden Federn kommen kann. Die Hauptmontage dieses Technikpaketes wird über zusätzliche Klemmung des Gehäuses (12) mittels Gewindebolzen (14) direkt in die Grundplatte (11) abgeleitet. Als Zwischenmontageschritt wird das Technikpaket mit dem Gehäuse unter Verwendung der Gewindebolzen vormontiert.

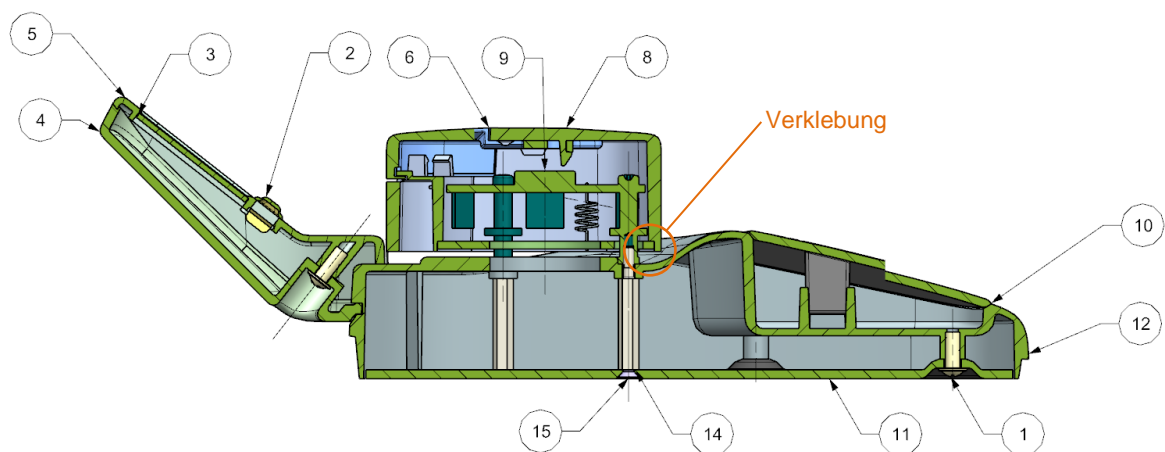


Abbildung 41: Schnittdarstellung Bedieneinheit

Um den korrekten Einbau des Technikpaketes zu gewährleisten, ist eine Verdrehsicherung auf der Platine vorhanden. Diese Einkerbung wurde entsprechend gegengleich am Bedienknopf eingebracht.

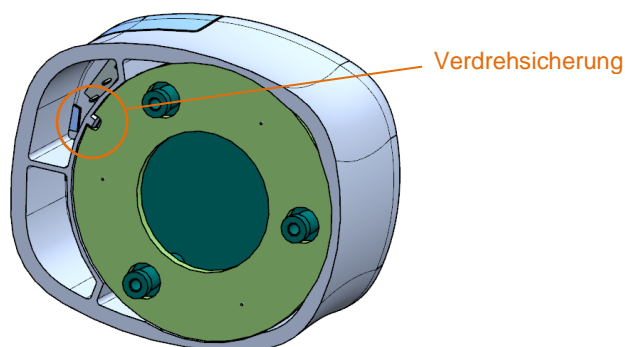


Abbildung 42: Verdrehsicherung Bedienknopf

Zur Verdeutlichung der mechanischen Wegbegrenzung hier nochmal das Funktionsprinzip und die Einbausituation des Technikpaketes:

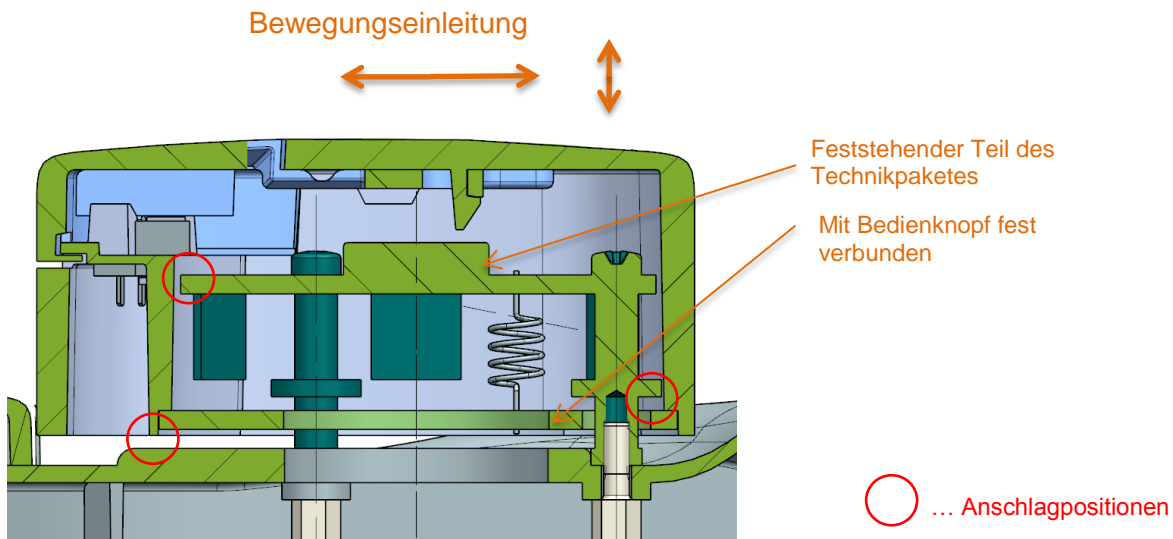


Abbildung 43: Funktionsprinzip Technikpaket

Die am Bedienknopf befestigten Tasten müssen in sich beweglich sein, um den Druckimpuls ableiten zu können. Dennoch muss gewährleistet sein, dass es zu keiner mechanischen Überdehnung oder zu einem möglichen Bruch kommen kann. Gelöst wurde dies, indem die nur minimal notwendige Beweglichkeit von ca. 0,6 mm am vorderen Tastenende nur durch elastisches Verformen des Bauteiles vonstattengeht. Somit konnten beide Tasten an einem Bauteil realisiert werden. Die Wegbegrenzung passiert einerseits durch Endanschlag der Taste am Bedienknopf, andererseits wurde eine Anschlagfahne eingebracht, die in einen Hinterschnitt am Bedienknopf eintaucht und somit eine eingeleitete Zugkraft aufnehmen kann.

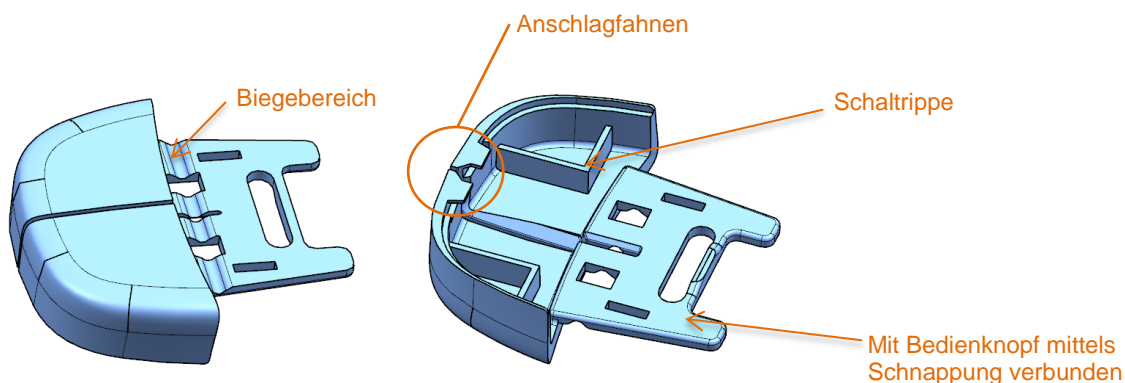


Abbildung 44: Drucktasten Funktionsprinzip

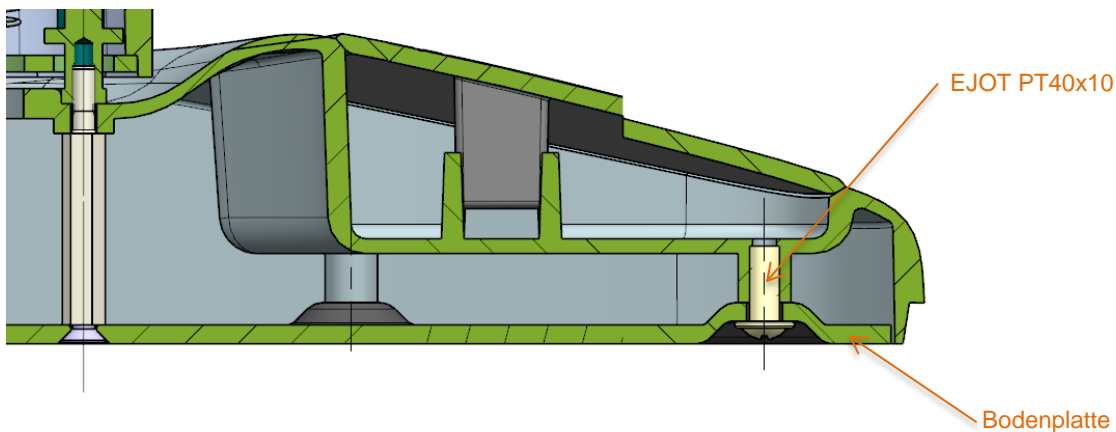


Abbildung 46: Befestigung Bodenplatte

Für die Anzeigeeinheit musste eine für den Bediener einfache Möglichkeit zur Anpassung des Anzeigewinkels, wie im Lastenheft definiert, gefunden werden. Die Bedienung sollte einfach und wartungsfrei und der Verstellmechanismus formschön und mit möglichst wenigen Teilen umgesetzt werden.

Angedacht wurde dies als einfache Gleitführung der Anzeigeeinheit zum Gehäuse. Zur Montage muss zum Ersten das „Oberteil_Display“ über dem Führungszapfen gesetzt werden. Erst in Verbindung mit dem „Unterteil_Display“ wird eine formschlüssige Verbindung erreicht. Nachdem das obere Bauteil wie erwähnt bei dem Führungszapfen eingehakt wurde, wird das untere Bauteil in eine Nut am Gehäuse eingesetzt. Die Nut verhindert einen Durchbruch in das Gehäuse bei geschwenktem Display und stellt gleichzeitig einen Endanschlag dar.

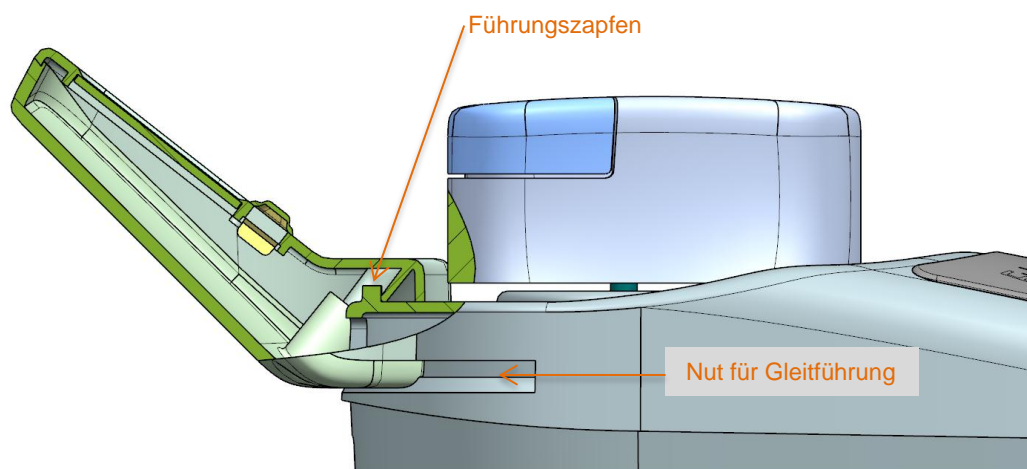


Abbildung 47: Befestigung Anzeigedisplay

Die Höhe der Nut ist der eingreifenden Rippe vom Bauteil „Unterteil_Display“ angepasst, sodass der vertikale Freiheitsgrad somit eingeschränkt ist. Horizontal beschränkt dies der Führungszapfen. Um die Kippbewegung abzufangen, ist die eingreifende Rippe über die gesamte Länge gezogen, sodass ein Kippen nicht möglich ist. Die Leichtgängigkeit kann durch Abstimmen der Schraubdomen zum Verbinden der beiden Displayhälften eingestellt werden.

Ein entsprechender Durchbruch im Gehäuse zur Kabeldurchführung zwischen Hauptplatine im Korpus und der Anzeigeeinheit ist derart gestaltet, dass er auch bei geschwenkter Anzeigeeinheit verdeckt ist. Die Kabellänge wird zwar immer bei jedem Schwenkvorgang verändert, da aber diese Bewegung in ihrer Anzahl sehr eingeschränkt ist, wird das Kabel keiner Dauerbelastung ausgesetzt sein.

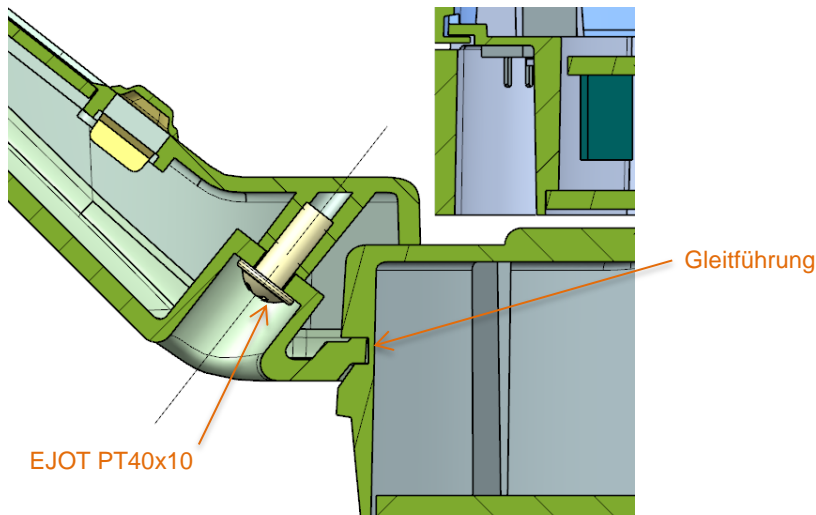


Abbildung 48: Verschraubung Ober- und Unterteil Display

Unterhalb der Anzeige sind weitere Funktionstasten konstruktiv gelöst. Die Drucktasten selbst sind aus weichem Silikon gefertigt, um eine Selbstrückstellung zu erhalten. Die Geometrie ist mit dünnwandigen steilen Seitenwänden ausgeführt. Beim Drücken der Taste wölben sich die Seitenwände nach außen, der Tastenweg ist durch Anschlag auf eine Platine begrenzt und nach Loslassen der Drucktaste tritt die Selbstrückstellung wieder in Kraft.

Die Montage der Drucktasten ist als Überdehnung einer Schnappgeometrie angedacht. Dabei wird mittels Greifzange die durchreichende Fahne gepackt und durchgezogen. Die Spannung im Silikonteil hält die Tasten fest an dem Bauteil „Oberteil-Display“. Das weiche Silikon hat auf dem auf Hochglanz polierten ABS-Teil zusätzlich eine adhäsive Haftung.

Damit die beiden Schalenhälften zueinander zentriert sind, ist umlaufend eine kleine Fahne realisiert. Ermöglicht wird diese durch Verwendung von unterschiedlichen Wandstärken an den Bauteilen.

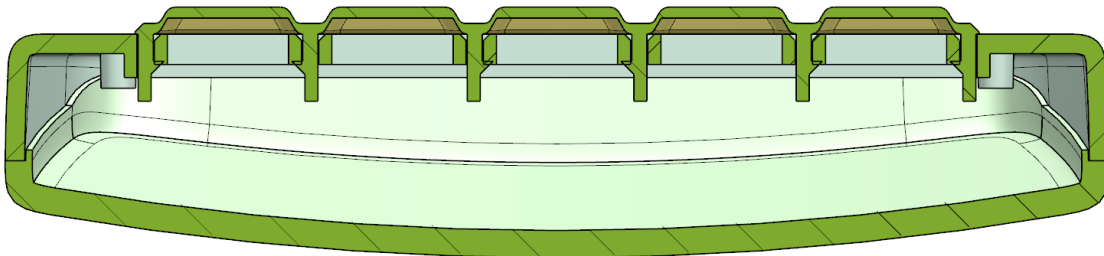


Abbildung 49: Querschnitt Anzeigeelement Höhe Drucktasten

6.3 Nachweis Erfüllung Plichtenheft

Nach erfolgreicher Umsetzung der Detailkonstruktion steht nun der Nachweis über die Erfüllung der Punkte des Lastenheftes an.

Die relevanten Punkte des Pflichtenheftes und der nachfolgenden Engineering-Phase werden hier nochmal in Stichworten aufgelistet:

- Anzeigeelement mit 4 Funktionstasten
- Bedienknopf mit Durchmesser von etwa 60 mm
- 2 Tasten am Bedienknopf
- Hauptabmessungen analog Vorgaben
- Gesamtgewicht von mindestens 600 Gramm
- Schwenkwinkel der Anzeigeeinheit von zirka jeweils 30°
- Neigung der Anzeigeeinheit zur Vertikalen von ca. 40°
- Bauteil „Handauflage“ IMD- fähig

Die Umsetzung der Funktionstasten wurde mit nunmehr fünf Tasten verwirklicht. Da ein Mehr an Funktionalität hier kein Nachteil ist, werden die fünf Tasten nach Rücksprache mit Kunden (in diesem Falle eine nachträgliche Adaptierung der Vorgaben) angenommen.

Der Bedienknopf ist etwas länglich ausgefallen, um ausreichend Platz für die Tasten am Bedienknopf zu erlangen. Gleichzeitig ist der Gedanke dabei, dass sich hier, in Anlehnung an eine Standard Computermouse, ein längerer Abstand zwischen der Druckachse zwischen Daumen und Ringfinger und der Kuppe des Zeigefingers positiv auswirken würde.

Die Abmessungen des Bedienknopfes mit einer Breite von 64,2mm und einer Länge von 76,9mm befinden sich innerhalb der Vorgaben. Die Haptik des Bedienknopfes ist mit seitlichen angeformten konkaven Wölbungen vorteilhaft ausgeführt.

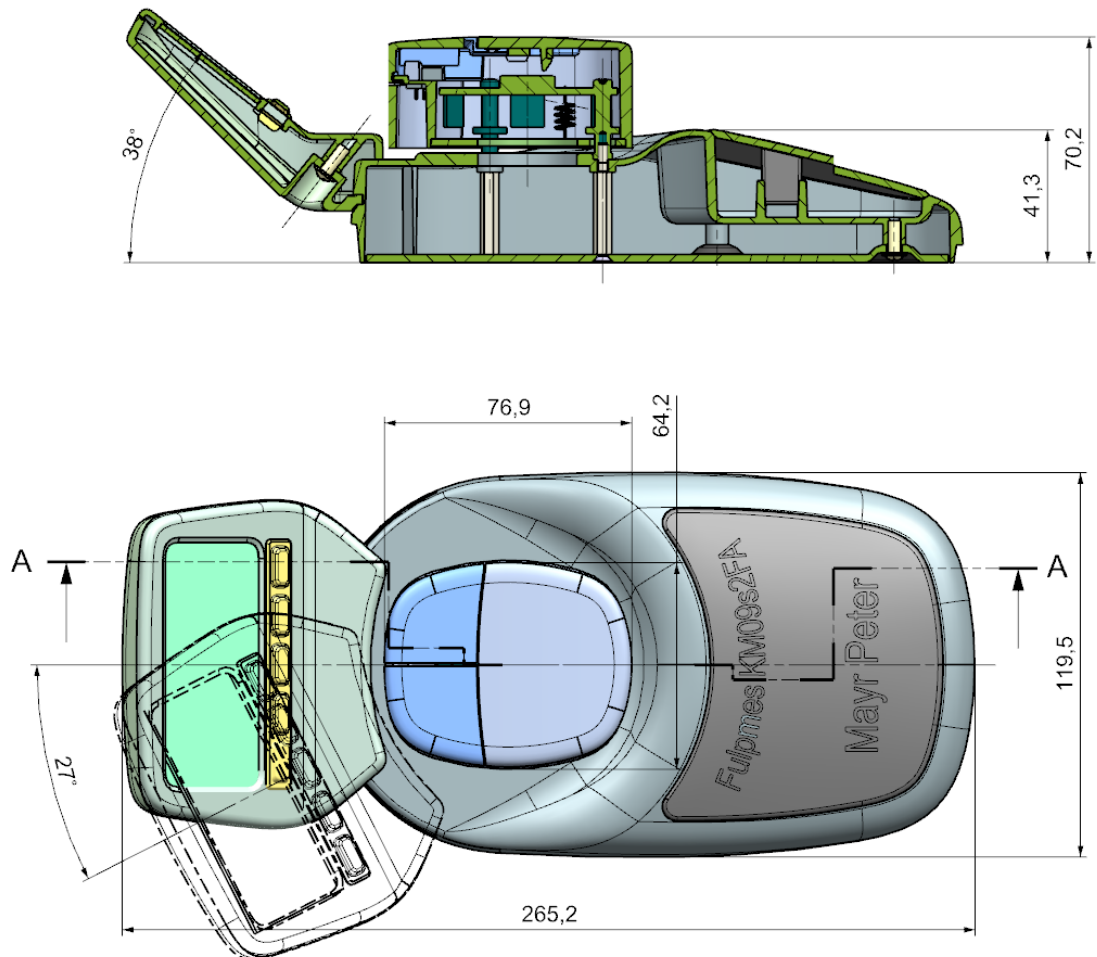


Abbildung 50: Hauptabmessungen 3d-Bedieneinheit

Die Hauptabmessungen sind mit einer Breite vom 129,5mm für den Hauptkörper und bei einer gestreckten Länge von 265,2mm festgesetzt. Das Gewicht liegt nach den vom CAD-Programm errechneten Daten bei etwa 815 Gramm und liegt im vorgegebenen Bereich.

Die erreichte Schwenkbarkeit der Anzeigeeinheit liegt bei 27°. Begrenzt wurde dieser Wert durch die Notwendigkeit, dass die Anzeigeeinheit zentrale Durchbrüche für Kabel abdecken muss. Auch ist eine Mindestabmessung für den Führungszapfen notwendig, um eine gewisse Festigkeit zu erlangen. Eine Abweichung von 3° von den vorgegebenen Werten ist hier innerhalb erlaubter Toleranzen.

Die Neigung der Anzeige mit 52° zur Vertikalen ist abweichend von der Vorgabe. Dies ergab sich aus der Notwendigkeit der Umgebungsgeometrie, da ein steileres Anstellen der Anzeige stark zum Verdecken der Anzeige und der Funktionstasten durch den Bedienknopf geführt hätte.

Großes Augenmerk wurde auf das Bauteil „Handauflage“ gelegt, da die Vorgaben für eine erfolgreiche Dekoration im IMD Verfahren eingehalten werden müssen.

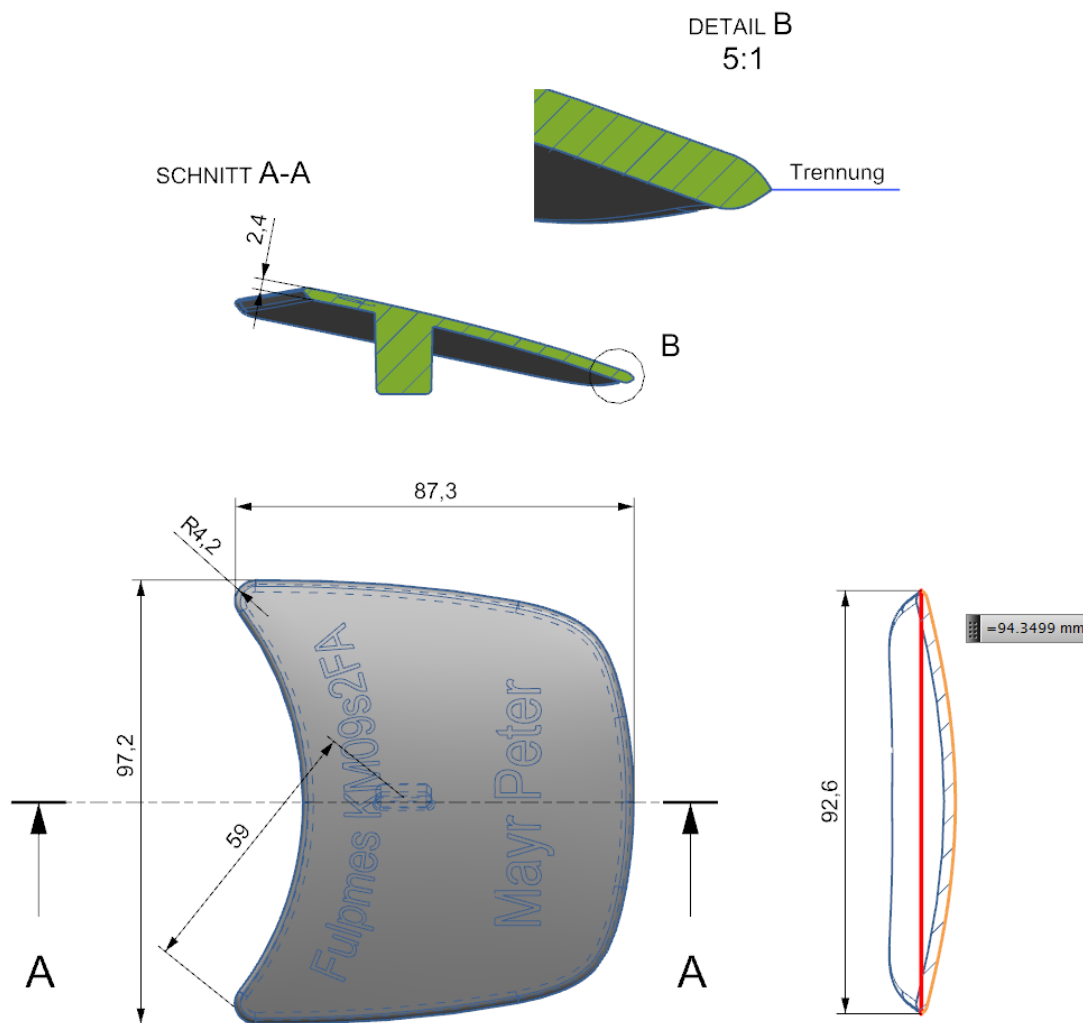


Abbildung 51: Bauteil „Handauflage“

Die Wandstärke mit 2,4mm ist ausreichend bei einer maximalen Fließlänge von etwa 59mm. Auch ist die gestreckte Länge der Folie nach Hinterfüllen bei einem zentralen Kontrollpunkt mit einem Verhältnis von 94,3mm / 92,6mm wesentlich unter 10% und somit auch für Folien mit Metallanteilen geeignet.

Der Tiefzug der Folie ist durch die Fase mit Abrundung zur Trennung keinesfalls im gefährlichen Bereich. Auch die Eckradien sind laut Vorgabe mindestens so groß wie die Kantenradien, und sind mit 4,2 mm auch wesentlich vom kritischen Maß entfernt.

Der aufgebrachte Schriftzug ist in der Folie zu verwirklichen, was allenfalls eine wiederholgenaue Positionierung des Foliennutzens durch das Folienvorschubgerät notwendig macht. Auf einen negativen Schriftzug ist verzichtet worden, da dies eine sehr aufwändige Erodier- und Polierarbeit am Werkzeug bedeutet hätte. Ein eigener Einsatz für das Schriftbild kam auf Grund von möglichen Trennungsmarkierungen nicht in Frage.

Da die Anbindung des Bauteiles über Heißkanal-Anguss auf den zentral gelegenen Schnapphaken angedacht ist, diese anstehende Geometrie allerdings zum Anschluss an die gewölbte Fläche verjüngt wurde, wird hier nicht mit Einfallstellen gerechnet.

Auf Durchbrüche oder starken Wandstärkenänderungen wurde verzichtet und die weiterführende Trennungseben am Werkzeug können sehr sanft ohne Höhengsprünge ausgeführt werden.

Nach Prüfung der Kriterien kann festgestellt werden, dass das Bauteil „Handauflage“ IMD-Geeignet ist.

7 CAD-Daten Final

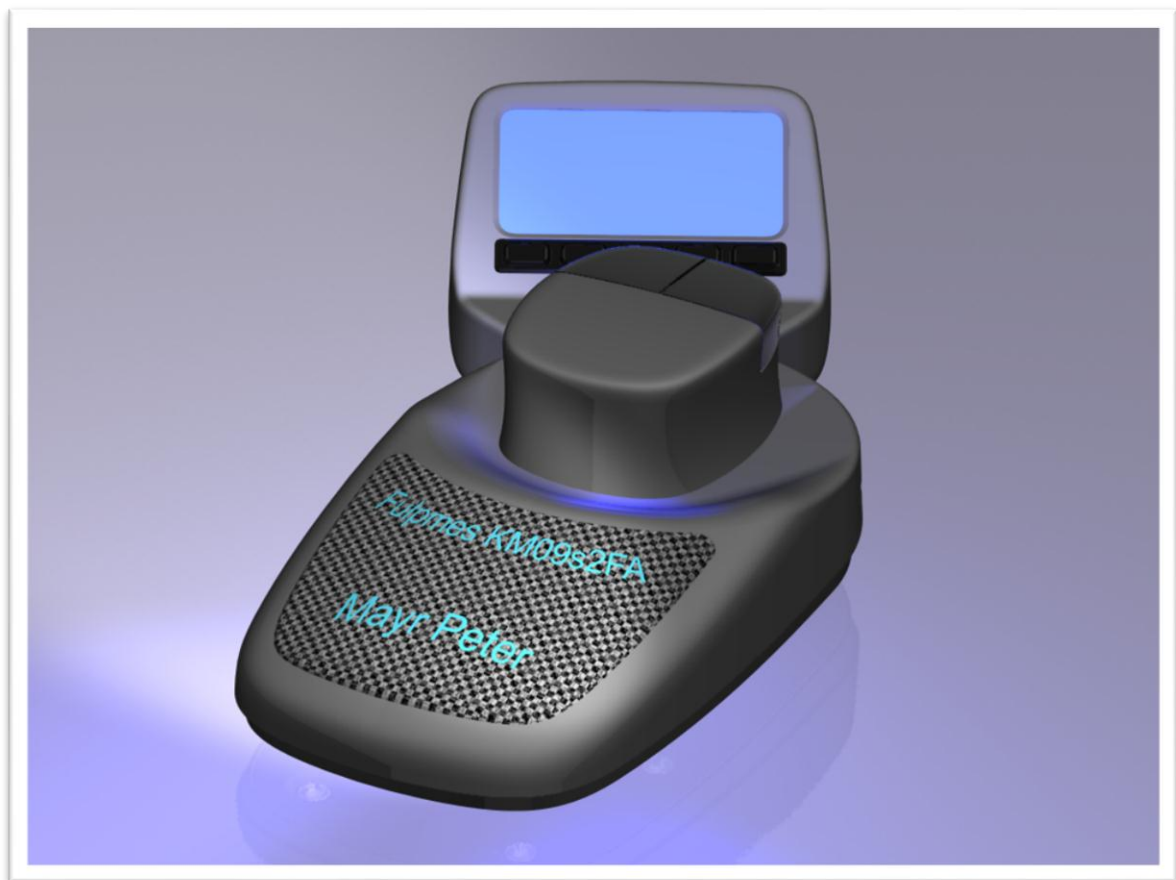


Abbildung 52: Fotorealistische Darstellung Bedieneinheit

Tabelle 5: Auflistung Bauteile

3d Bedieneinheit – Mayr Peter			
Name	Material	Packmass [mm]	Gewicht [g]
Bodenplatte	1.4301	195,5x111,6x5,5	375
Gehäuse	ASB	203,9x119,8x41,2	100
Handauflage	ABS	97,2x87,3x23,3	18
Knauf	ABS	77,0x65,0x34,6	31
Drucktasten	ABS	60x5x62,8x14,2	10
Oberteil Display	ABS	90,8x102,4x26,7	16
Unterteil Display	ABS	93,5x102,4x19,4	27
Bedientasten	Silikon	78,0x10,0x8,7	8
Gewindezapfen	1.4301	SW5x34,5	5

Nachfolgend eine Auflistung der einzelnen Bauteile:

7.1 Bodenplatte:

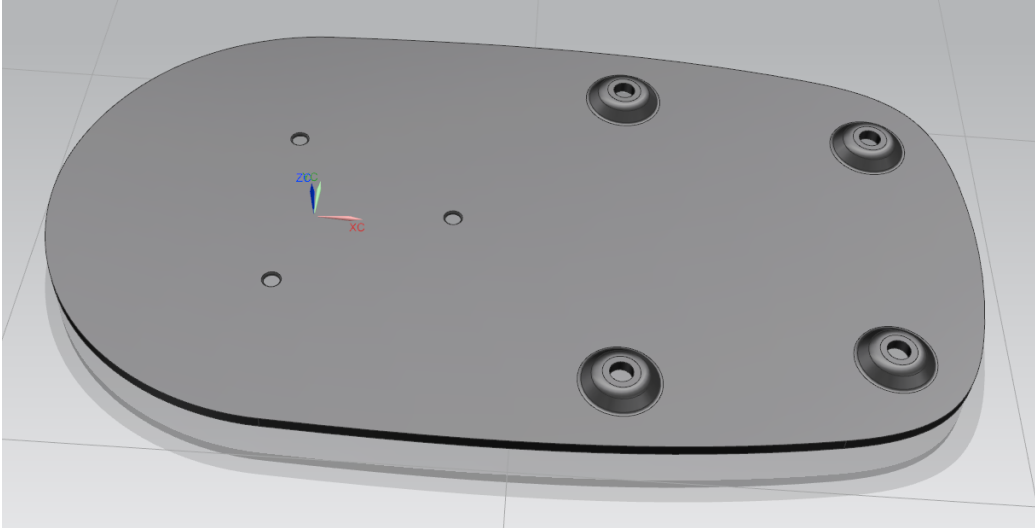


Abbildung 53: Bodenplatte

Die Bodenplatte ist aus Gewichtsgründen aus rostfreiem Stahlmaterial 1.4301. Die Fertigung ist auf Grund zu erwartender Stückzahlen als Brennschnitt geplant. Für die Befestigungsbohrungen ist Nacharbeit erforderlich.

7.2 Gehäuse:

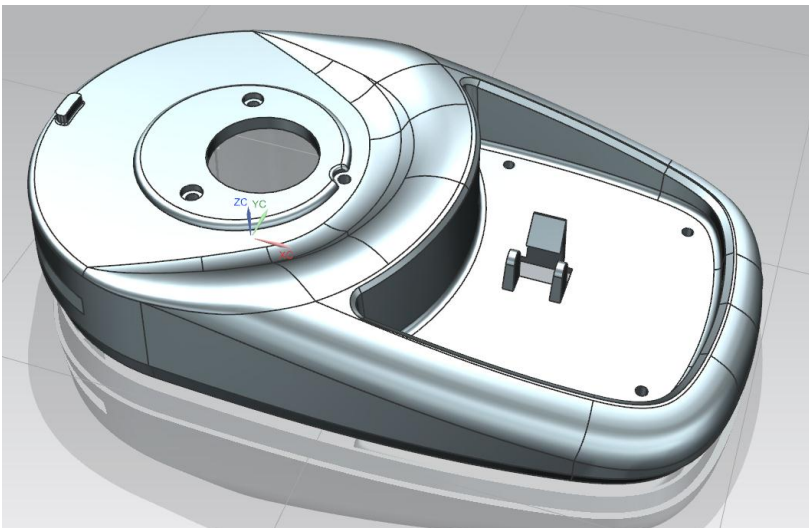


Abbildung 54: Gehäuse

Das Gehäuse ist das größte Spritzgussteil. Der Hauptteil ist in Formrichtung, ein Aussenschieber für die Führungsnut ist notwendig.

7.3 Handauflage



Abbildung 55: Handauflage

Dies als IMD-Dekorationsteil ausgelegte Bauteil ist sehr einfach gehalten. Das Werkzeug ist aber mit Auswerferpaket und Anspritzung auf derselben Seite etwas aufwändiger.

7.4 Knauf

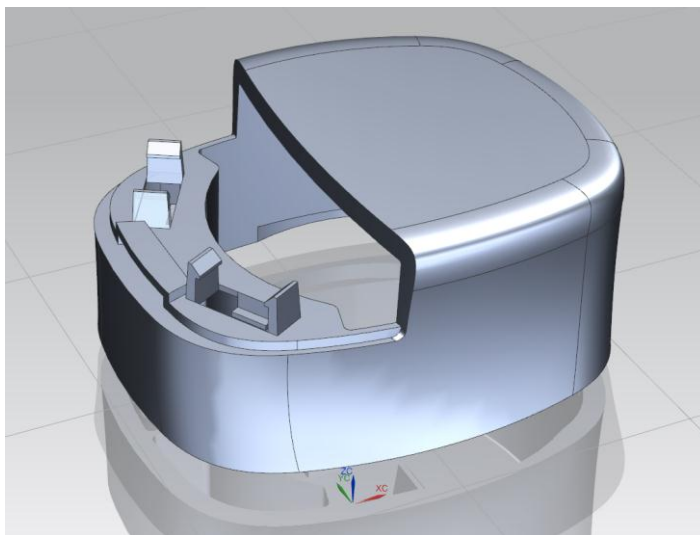


Abbildung 56: Knauf

Auf Grund der notwendigen Griffmulden für dieses Bauteil ist hier werkzeugtechnisch ein Backenwerkzeug geplant. Hier werden Abstimmungsaufgaben zum Bauteil „Drucktasten“ notwendig sein.

7.5 Drucktasten

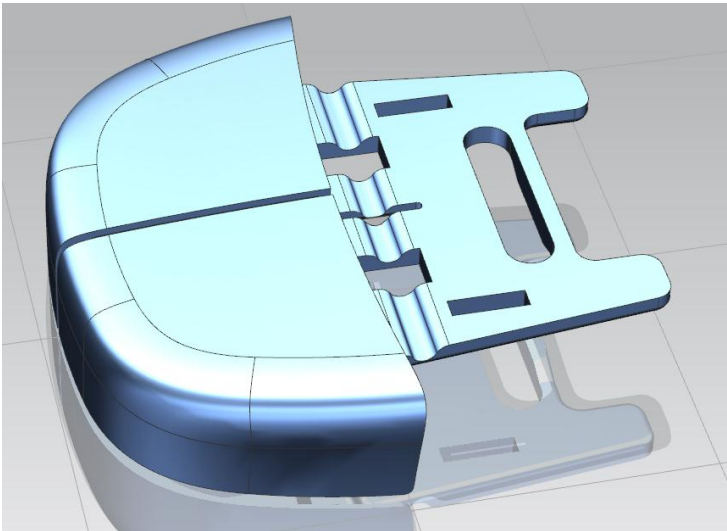


Abbildung 57: Drucktasten

Bei dem in Formrichtung liegenden Bauteil ist speziell auf den geringen Spalt zwischen den Tasten zu achten.

7.6 Oberteil Display

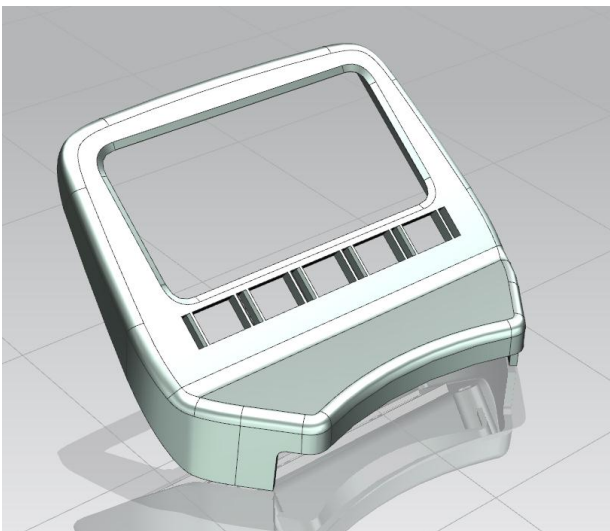


Abbildung 58: Oberteil Display

Die Trennebene richtet sich nach der Displayebene. Für die Umsetzung sind noch weitere Anpassungen für die Montage des LCD Displays und der Platine notwendig.

7.7 Unterteil Display

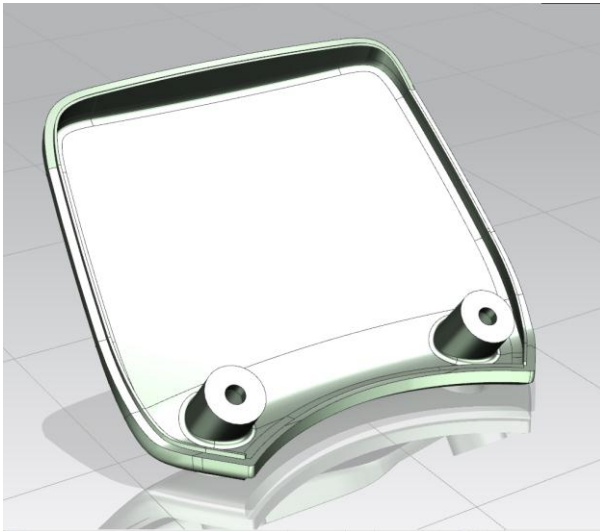


Abbildung 59: Unterteil Display

Dieses Teil liegt einfach in Formrichtung. Um ein Haften des Bauteiles an der Festen Seite zu vermeiden, sollten die Bohrungen mittels Auswerferhülse eingeformt werden.

7.8 Bedientasten

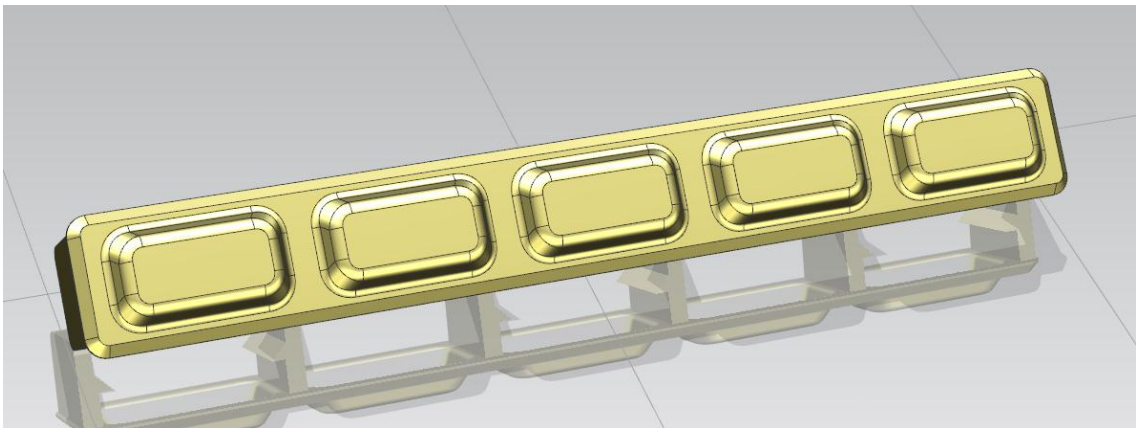
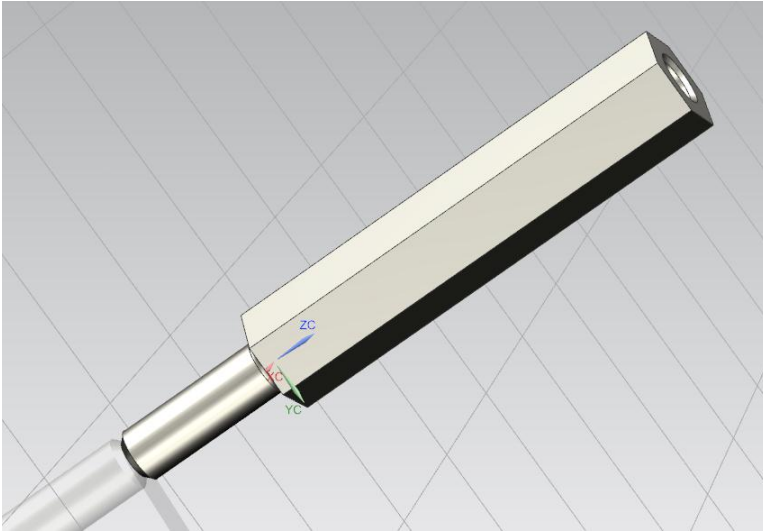


Abbildung 60: Bedientasten

Dieses Bauteil ist mit dem Material Silikon angedacht. Der Vorteil von Silikon ist, dass es zu keinem Fließen oder Setzen des Werkstoffes bei Belastung kommt.

7.9 Gewindezapfen



Der Gewindezapfen ist ein einfaches Drehteil aus rostfreiem Stahl. Eventuell kann ein Hersteller von Normteilen diese Sonderlänge herstellen.

8 Ausblick

Nach erfolgreicher Umsetzung der Aufgabe und Präsentation der fertigen CAD-Daten ist nun die Realisierung dieses Projektes anstehend.

Die Prozessbeschreibung einer möglichen Realisierung ist bereits unter Punkt *Abbildung 13: Strukturdiagramm Anlauf Serienproduktion* aufgezeigt. Die Umsetzung ist allerdings mit enormen Kosten verbunden und kann auf Grund der notwendigen technischen Basis der Firma 3d-connexion GmbH auch nur in Partnerschaft mit dieser Firma vonstattengehen.

Nach erfolgreicher Aufnahme entsprechender Korrespondenz und der grundsätzlichen Zustimmung kann ein Kooperationsvertrag geschlossen werden und mit der gemeinsamen Umsetzung dieser Errungenschaft begonnen werden.

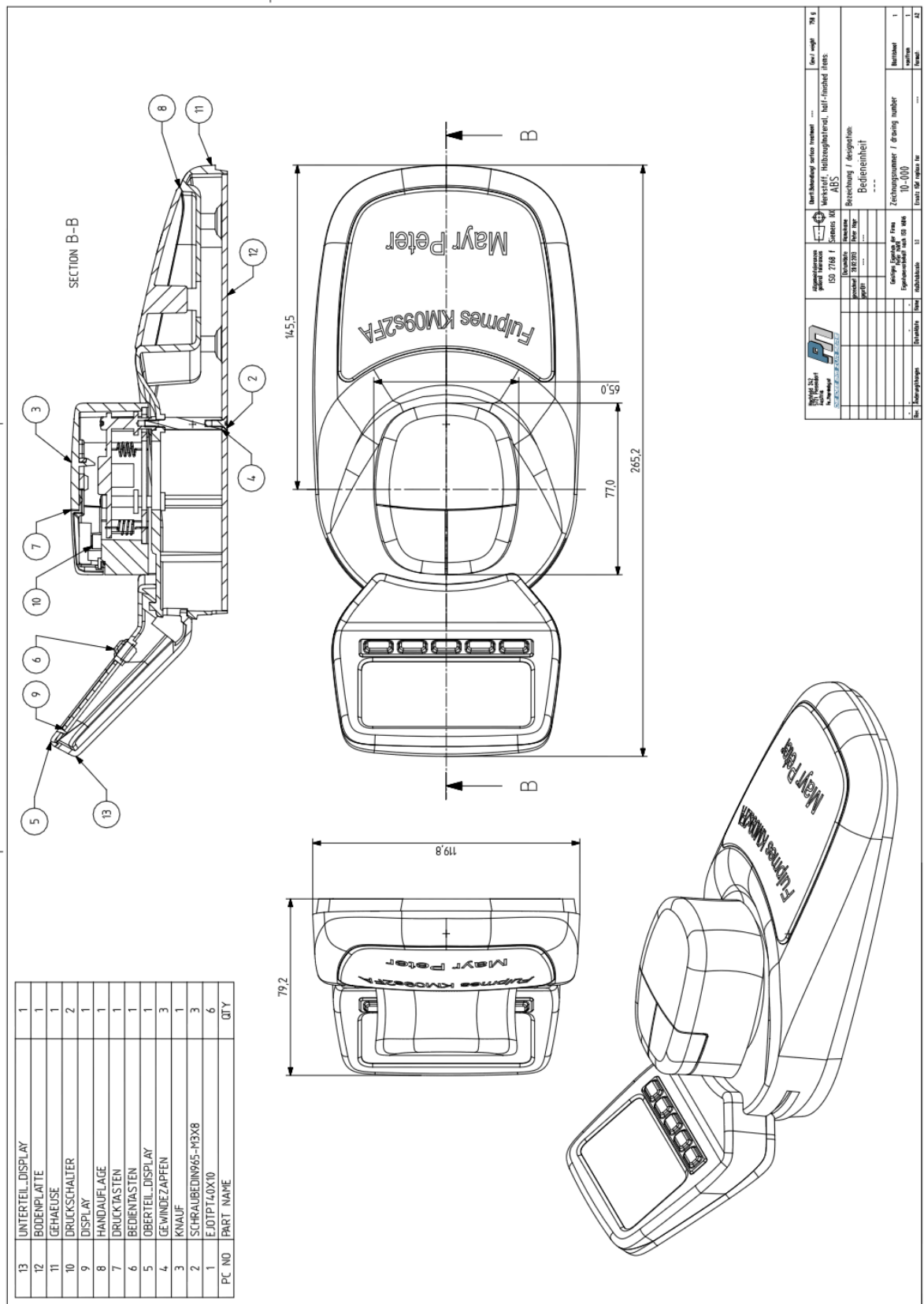
Sollte sich diese Zusammenarbeit als gewinnbringend erweisen, so könnte eine Adaptierung der Bedieneinheit mit einem Treibrad, wie bei einer aktuellen Computer Maus vorhanden, angedacht werden.

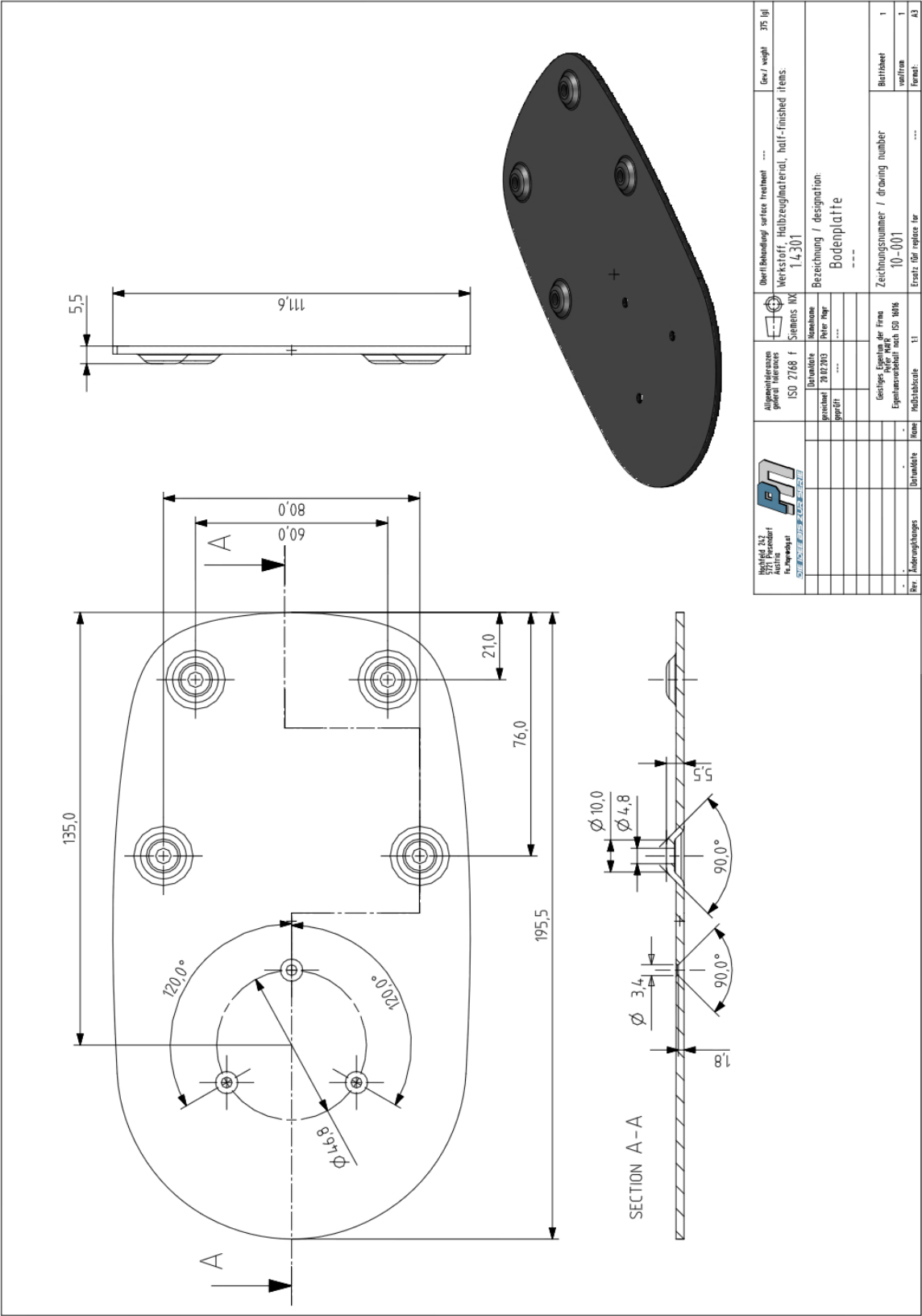
Vielleicht kann auch ein Ersetzen der Standard Maus im allgemeinen Gebrauch durch eine stationäre Bedieneinheit und Steuerung mittels Bedienknopf und Abfrage und Steuerung des Mauszeigers in identer Art und Weise wie bei einem CAD-Programm angedacht werden. Der Vorteil darin wäre, dass der Bediener nicht genötigt ist, steuernde Bewegungen mit dem gesamten Arm durchzuführen. Die unterstützende Auflage für die Handballen verbunden mit derselben Funktionalität könnte durchaus seinen Markt am Personal Computer Umfeld finden.

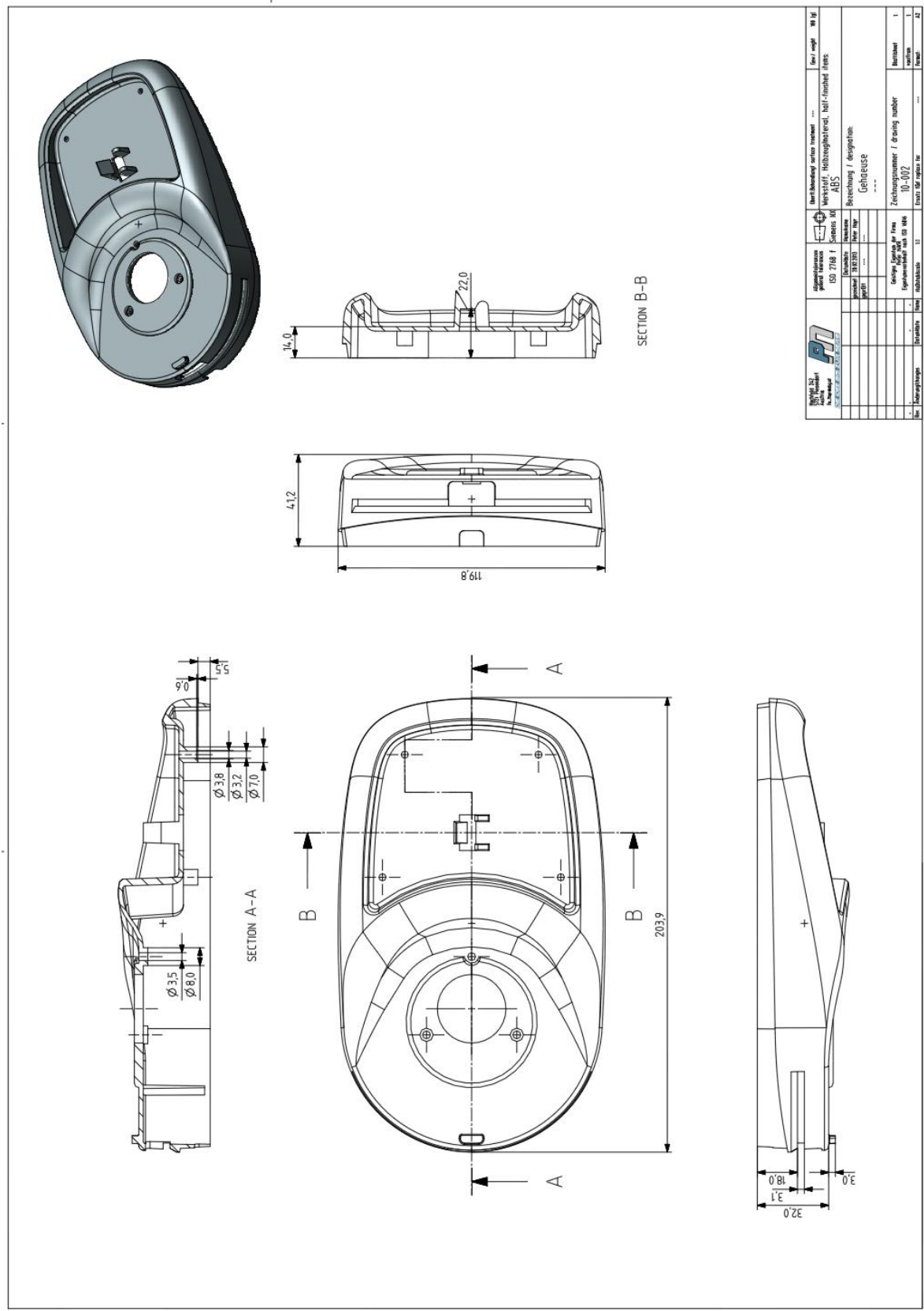
Literatur

- | | |
|----------------------------|---|
| Teamcenter
Express | Klette, Guido: Teamcenter Express,
Vieweg+Teubner Verlag, 2008 |
| NX 7.5
kurz&bündig | Vajna, Sándor: NX7.5 – kurz und bündig,
Vieweg+Teubner Verlag, 2008 |
| Siemens
SPLM | www.siemens.com/Teamcenter ,
verfügbar am 20.02.2013, 10:00 |
| 3d-connexion | www.3dconnexion.de/ ,
verfügbar am 20.02.2013, 10:00 |
| Wikipedia
Ergonomie | http://de.wikipedia.org/wiki/Ergonomie
verfügbar am 20.02.2013, 10:00 |
| Patent- und
Markenrecht | http://depatisnet.de
verfügbar am 20.02.2013, 10:00 |
| DIN 69901-5:
2009-01 | Projektmanagement - Projektmanagementsysteme
Teil 5: Begriffe |
-

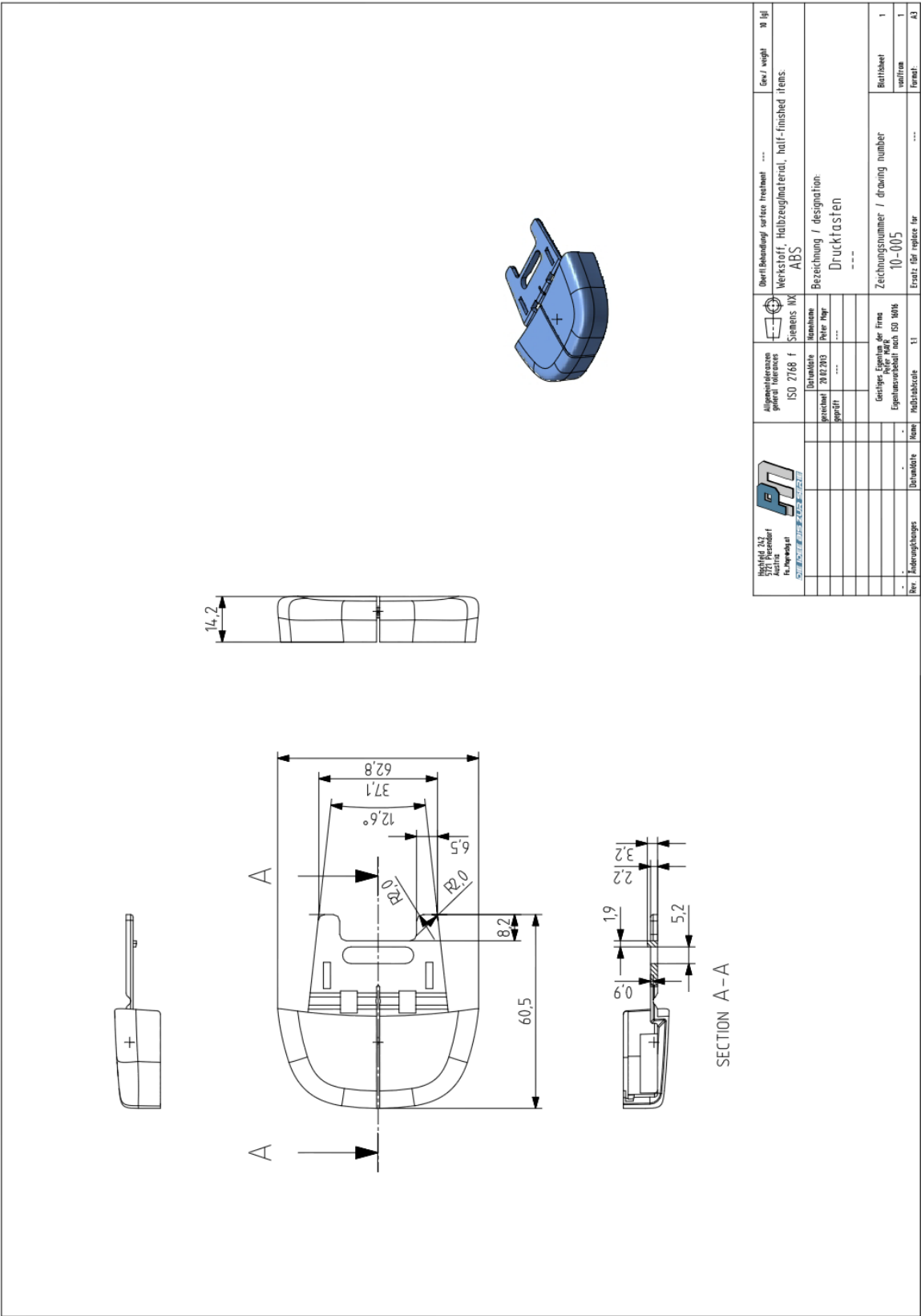
Anlagen, Produktzeichnungen

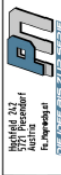


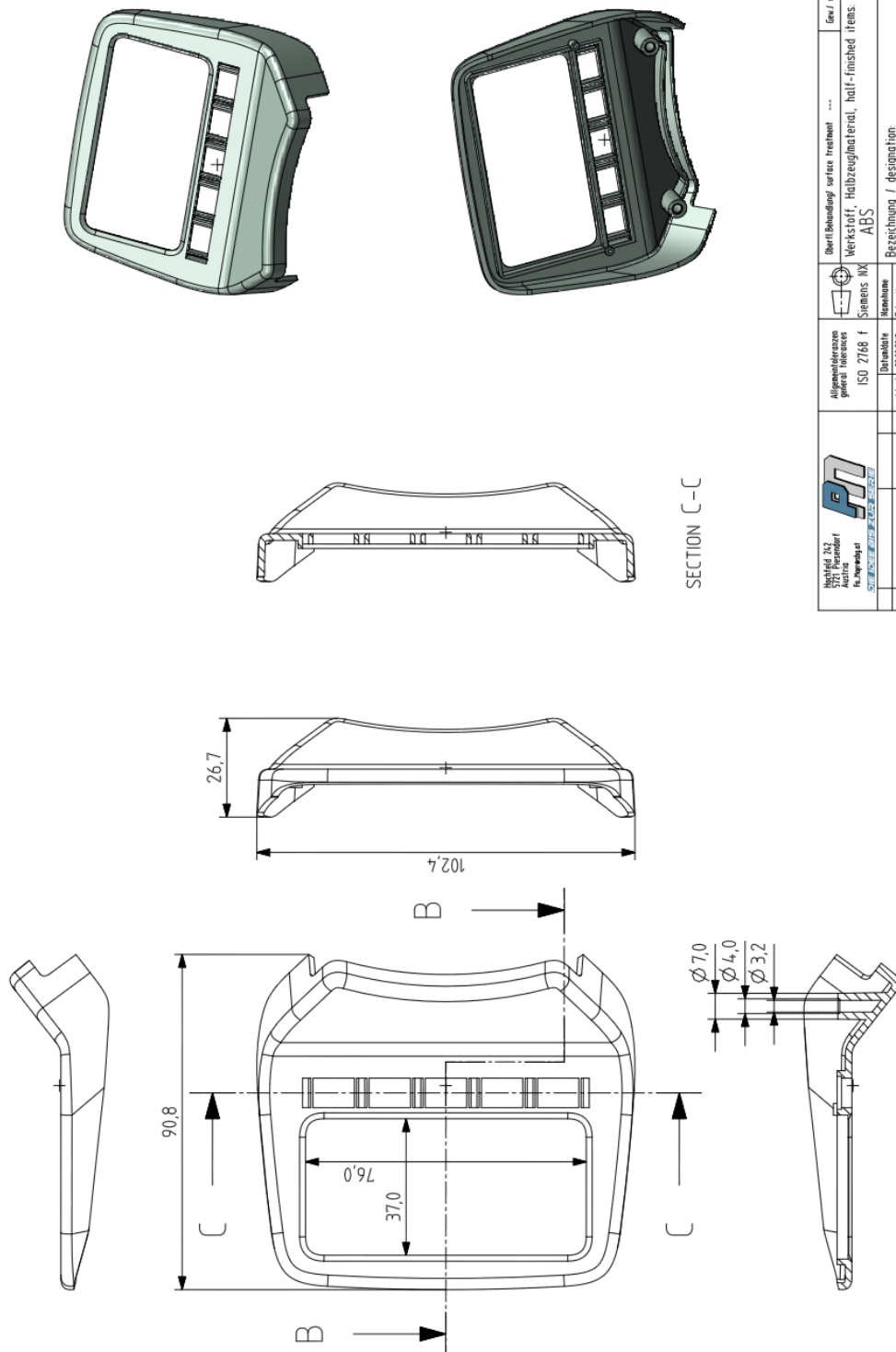


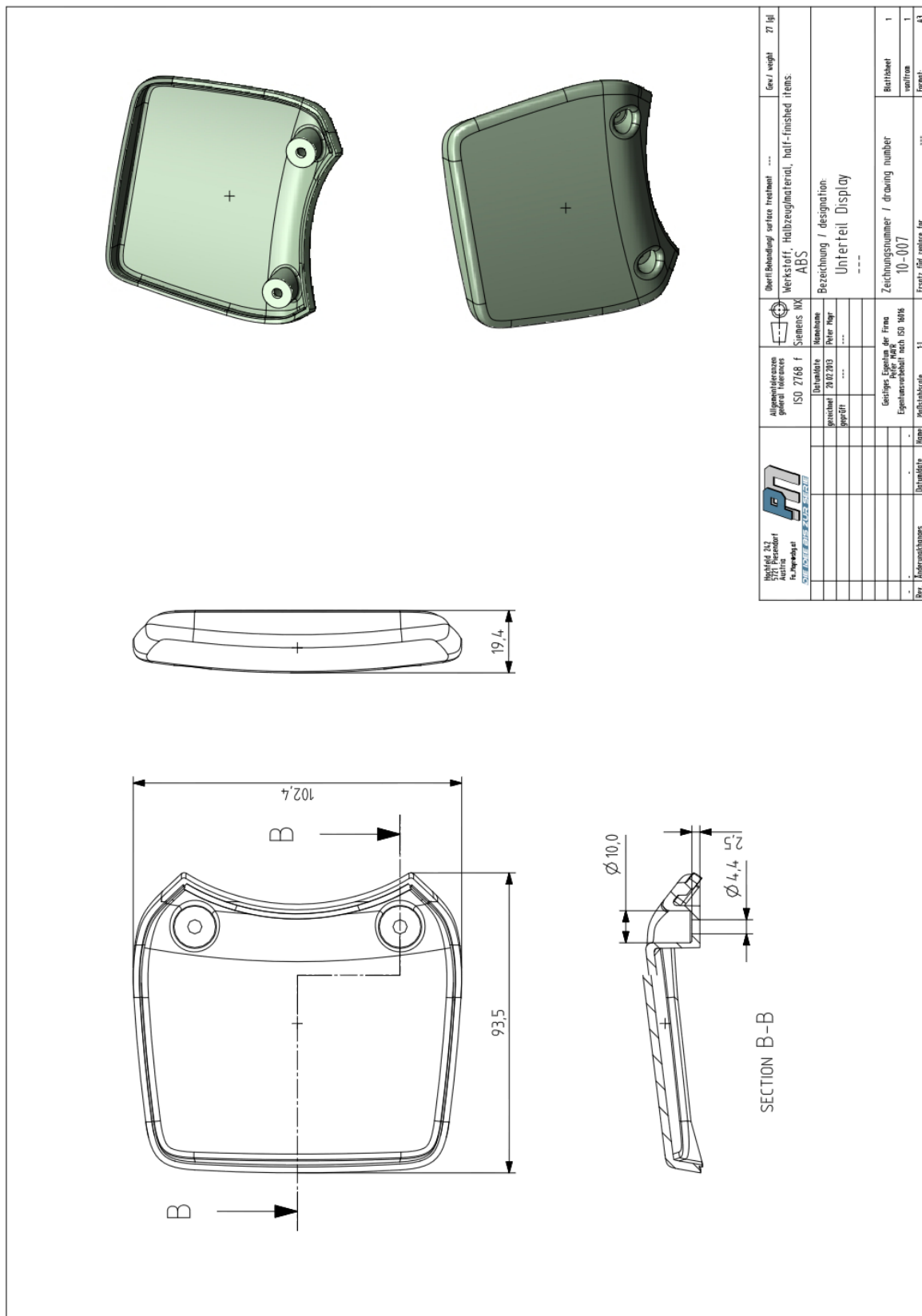


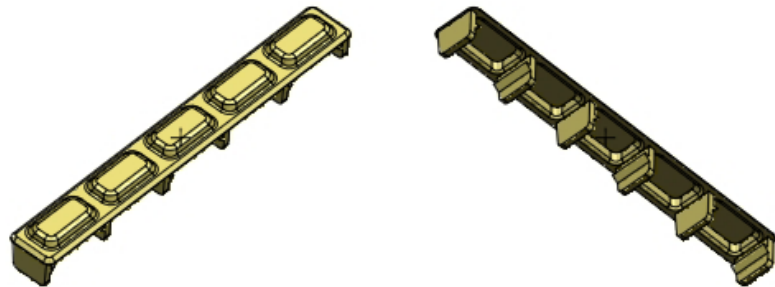
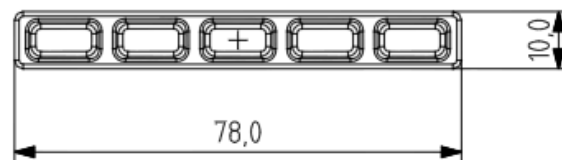
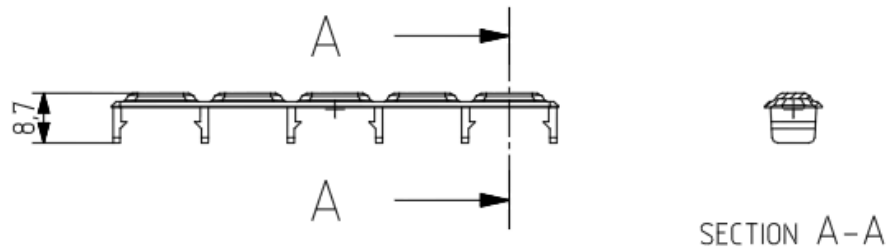




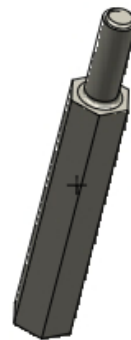
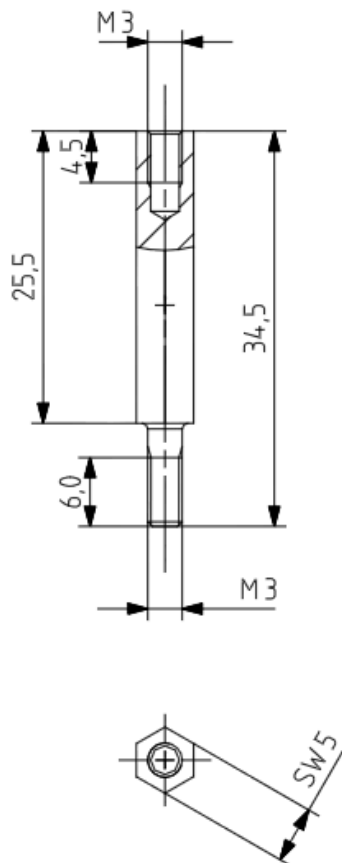
 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362	Allgemeindaten general data ISO 2768 f	Siemens NK Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362	Oberflächendat. surface treatment --- Werkstoff: Halbzeugmaterial, half-finished item. ABS	Gew./ weight 10 g
Bezeichnung / designation: Drucktasten ---	Geprüft checked ---	Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362	Zeichnungsnummer / drawing number 10-005	Blattzahl sheet 1
Herz. / drawing ---	Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362	Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362 Hochfeld 362	Ersetzt für replace for ---	Formel: A3

[illegible]





Hachfeld 242 5721 Piesendorf Austria Fa. Mayr abget		 DIE IDEE BIS ZUR SERIE		Allgmeintoleranzen general tolerances ISO 2768 f	 Siemens NX	Oberfl. Behandlung / surface treatment --- Werkstoff, Halbzeug/material, half-finished items: Silikon	Gew./ weight 8 g/l
				Datum/Date gezeichnet 20.02.2013 geprüft ---	Name/Name Peter Mayr ---	Bezeichnung / designation: Bedientasten ---	
				Geistiges Eigentum der Firma Peter MAYR Eigentumsvorbehalt nach ISO 16016		Zeichnungsnummer / drawing number 10-009	Blatt/Sheet 1 von/from 1
Rev.	Änderung/changes	Datum/Date	Name	Maßstab/scale 1:1	Ersatz für replace for ---	Format: A4	



Hochfeld 242 5721 Piesendorf Austria Fax: +43 7242 242 PN DIE IDEE BIS ZUR SERIE		Allgmeintoleranzen general tolerances ISO 2768 f		Oberfl. Behandlung / surface treatment --- Werkstoff, Halbzeug/material, half-finished items: 1.4301	Gew./ weight 5 g
				Bezeichnung / designation: Gewindezapfen ---	
				Zeichnungsnummer / drawing number 10-008	
				Blatt/sheet 1	
				von/ from 1	
				Format: A4	
Rev.	Änderung/changes	Datum/date	Name	Maßstab/scale 1:1	Ersatz für replace for ---

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Piesendorf, den 05.03.2013

Peter Mayr